THÈSE

PRÉSENTÉE

A L'UNIVERSITE DE BORDEAUX II

ANNEE 1972 THESE N° 1

POUR L'OBTENTION

DU GRADE DE DOCTEUR EN BIOLOGIE HUMAINE

MENTION : *PHYSIOLOGIE DES FACTEURS D'AMBIANCE*

PAR

HUBERT DUCROS

Docteur de l'Université de Strasbourg Mention " Pharmacie "
Docteur de l'Université de Paris Mention " Sciences "
Pharmacien Chimiste du Service de Santé des Armées

SUJET DE LA THÈSE

INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT THERMIQUE SUR LES CATABOLISMES OBSERVÉS AU COURS DE L'INANITION PARTIELLE DE COURTE DURÉE

Soutenue le 2 février 1972 devant le Jury composé de :

Président	M. R. GRANDPIERRE	Professeur à l'Université de Bordeaux II
Examinateurs	M. F. TAYEAU	Professeur à l'Université de Bordeaux II
	M. G. NEVERRE	Professeur à l'Université de Bordeaux II
	M. R. LEMAIRE	Professeur à l'Université de Caen

THÈSE

PRÉSENTÉE

A L'UNIVERSITE DE BORDEAUX II

ANNEE 1972 THESE N° 1

POUR L'OBTENTION

DU GRADE DE DOCTEUR EN BIOLOGIE HUMAINE

MENTION : *PHYSIOLOGIE DES FACTEURS D'AMBIANCE*

PAR

HUBERT DUCROS

Docteur de l'Université de Strasbourg Mention " Pharmacie "
Docteur de l'Université de Paris Mention " Sciences "
Pharmacien Chimiste du Service de Santé des Armées

SUJET DE LA THÈSE

INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT THERMIQUE SUR LES CATABOLISMES OBSERVÉS AU COURS DE L'INANITION PARTIELLE DE COURTE DURÉE

Soutenue le 2 février 1972 devant le Jury composé de :

Président	M. R. GRANDPIERRE	Professeur à l'Université de Bordeaux II
Examinateurs	M. F. TAYEAU	Professeur à l'Université de Bordeaux II
	M. G. NEVERRE	Professeur à l'Université de Bordeaux II
	M. R. LEMAIRE	Professeur à l'Université de Caen

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

AVANT PROPOS

La Thése que nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux, va nous donner l'agréable occasion de témoigner de notre gratitude envers M. le Professeur GRANDPIERRE. Pendant plusieurs années, alors qu'il était Directeur du Centre d'Enseignement et de Recherche de Médecine Aéronautique , il avait bien voulu nous faire confiance en nous plaçant dans divers postes de ses Laboratoires. C'est grâce à la sollicitude qu'il n'a cessé de nous prodiguer que nous pouvons aujourd'hui présenter ce travail. Nous lui en sommes infiniment reconnaissant et nous ne pourrons jamais assez le remercier de sa bienveillante et si cordiale direction.

C'est un grand honneur pour nous d'avoir comme juge Monsieur le Professeur TAYEAU, dont les éminents travaux font autorité. Nous avions eu le plaisir de le rencontrer pour la premiére fois à Dakar, où il nous avait exposé à l'époque l'interessant travail qu'il effectuait sur les mucoprotéines. Nous le remercions des conseils qu'il a bien voulu nous donner pour le travail que nous présentons. Qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude respectueuse.

Nous voulons aussi remercier chaleureusement Monsieur le Professeur NEVERRE qui a bien voulu nous faire l'honneur de siéger dans notre jury de Thése, et qui nous a accueilli avec tant de bienveillance lorsque nous sommes venu lui exposer notre travail. Nous lui adressons bien respectueusement notre profonde gratitude.

Nous avons également une grande reconnaissance envers M. le Professeur LEMAIRE, dont nous resterons toujours un fidéle disciple. Nous avons eu la grande satisfaction de travailler pendant trois années sous sa direction à Dakar; et c'est par son exemple si encourageant que nous avons été orienté vers la biologie tropicale. Il a été pour nous un guide précieux pour l'élaboration de cette thése et nous le remercions profondément pour les conseils qu'il nous a prodigué.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE PREMIER

LES REGIMES CARENCES SANS LIMITATION DES APPORTS HYDRIQUES

OBSERVATIONS EFFECTUEES EN AMBIANCE TEMPEREE

DIFICATIONS DES CONSTANTES DU SANG - ELIMINATIONS URINAIRES ET FECALES

Bilan chloruré
Bilan azoté
Bilan du potassium
Corrélation des bilans de l'azote et du potassium
Elimination et bilan du phosphore
Corrélation des excrétions d'azote et de phosphore

CHAPITRE II

VALEURS DES CATABOLISMES PROTIDIQUES ET LIPIDIQUES - DESHYDRATATION

EVALUATION DU CATABOLISME LIPIDIQUE PAR LA MESURE DU PLI CUTANE ET DENSITE DU CORPS

Densité du corps à partir de la mesure du pli cutané
Pourcentage de Lipides dans l'organisme

FRACTIONNEMENT DE LA PERTE DE POIDS A PARTIR DU BILAN AZOTE

Dépense énergétique quotidienne
Recherche de la dépense énergétique à la marche
Protéïdes tissulaires dégradés et apport énergétique
Lipides catabolisés, apport d'énergie, équivalence en poids
Perte de poids afférente au CO_2 métabolique
Deshydratation

COMPARAISON DES DEUX METHODES D'EVALUATION DU CATABOLISME LIPIDIQUE

CHAPITRE III

INCIDENCE DES CONDITIONS THERMIQUES

VARIATIONS OBSERVEES EN AMBIANCE FROIDE

EXPLORATIONS DANS LE SANG

Urémie - Glycémie
Electrolytes du plasma
Indice de réfraction du serum
Hémogramme
Erythrocytes

LES EXCRETIONS URINAIRES

Glycosurie
Albuminurie
Acétonurie
Elimination urinaire du chlore - Bilan
Elimination urinaire du sodium - Bilan
Elimination urinaire du potassium - Bilan

RECHERCHE DES CATABOLISMES PROTIDIQUES ET LIPIDIQUES - DESHYDRATATION

Fractionnement de la perte de poids

CHAPITRE IV

INFLUENCE DES AMBIANCES CHAUDES ET HUMIDES

CONSTANTES DU SANG

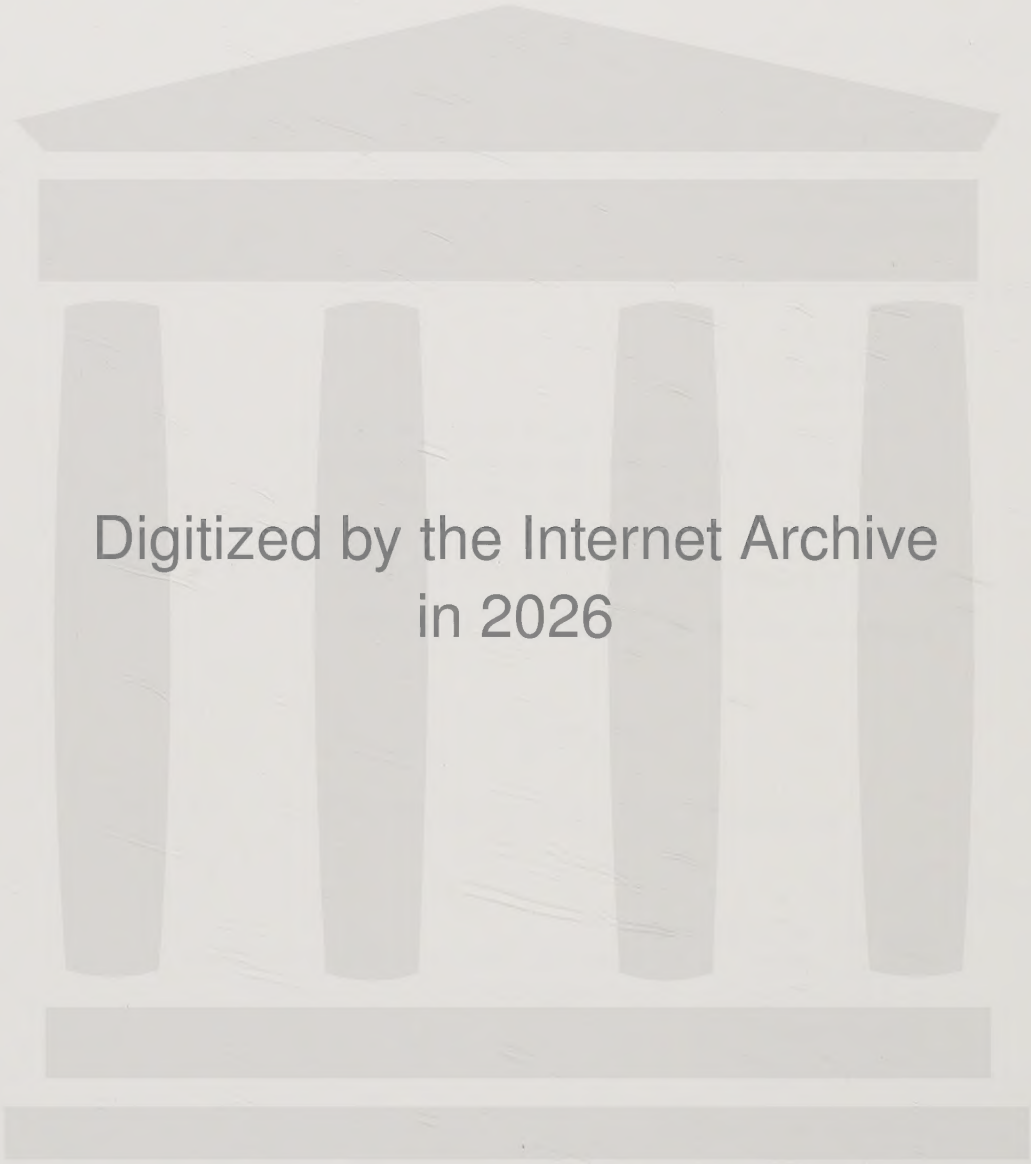
Urémie - Glycémie
Hématocrite - Indice de réfraction du sérum
Modifications électrolytiques du plasma
Ionogramme

ELIMINATIONS URINAIRES

Volume - Densité
Acétonurie
Urée - Créatininurie
Elimination du chlore - Bilan
Elimination du sodium - Bilan
Elimination du potassium - Bilan

DEFICIT PONDERAL ET CATABOLISMES

Variations pondérales
Bilan de l'azote
Corrélation des bilans de l'azote et du potassium
Catabolismes protidiques et lipidiques - Deshydratation
Recherche de l'eau d'évaporation


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547317_0001

CHAPITRE V

LES RECINES CARENCES AVEC LIMITATION DES APPORTS HYDRIQUES

BILANS METABOLIQUES OBSERVES DANS UN ENVIRONNEMENT CHAUD ET SEC

MODIFICATIONS OBSERVEES DANS LE SANG

Glycémie - Urémie
Hématocrite
Indice de réfraction du serum
Electrolytes du plasma
Pression osmotique

ELIMINATIONS URINAIRES

Eléments anormaux : sucre - albumine - acétone
Volume et densité des urines
Bilan du chlore
Bilan du sodium
Bilan du potassium
Bilan de l'azote

VALEURS DES CATABOLISMES

Déficit pondéral
Perte de poids par rejet de CO_2
Protides et lipides dégradés
Deshydratation
Recherche de l'eau de thermolyse

VALEURS DES CATABOLISMES OBSERVES DANS LES DIFFERENTES AMBIANCES

CONCLUSIONS

CONCLUSIONS GENERALES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT THERMIQUE SUR LES CATABOLISMES OBSERVES AU COURS DE L'INANITION PARTIELLE DE COURTE DUREE

INTRODUCTION

L'environnement dans lequel l'homme est appelé à vivre, influe considérablement sur son comportement. On a tenté depuis longtemps de reculer les limites de tolérance aux nuisances de certains milieux extérieurs, afin de permettre à l'organisme d'accomplir les mécanismes physiologiques indispensables à la vie. Lorsque ces environnements sont naturels leurs caractéristiques dépendent des conditions thermo-climatiques ; les variations de la température, de l'hygrométrie et de l'altitude sont des facteurs naturels qui peuvent modifier le comportement de l'homme, même si l'équilibre nutritionnel est assuré. Il est permi de penser que les perturbations métaboliques intervenant sous l'effet d'une carence énergétique, peuvent également présenter des aspects différents selon les caractéristiques de l'ambiance thermique. Un apport énergétique doit couvrir d'une part la dépense de fond, d'autre part la dépense occasionnée par la vie de relation ; c'est à dire l'ensemble des frais énergétiques liés aux relations avec le milieu extérieur. Cette vie de relation est sous la dépendance des facteurs d'ambiance, qui dans de nombreux aspects de la physiologie ont une importance primordiale. Les réactions de l'organisme à une quelquonque agression, peuvent prendre des aspects totalement différents selon l'environnement dans lequel l'homme exerce son activité. Un déficit énergétique imposé pendant une courte durée, entraine corrélativement un déficit pondéral dont la valeur globale représente la somme de divers catabolismes; les trois principaux étant : perte de réserve lipidique, perte de masse maigre et deshydratation. Mais ces modifications

métaboliques peuvent présenter des aspects particuliers selon le milieu extérieur. Or il importe que l'individu puisse se comporter de la façon la mieux adaptée à l'ambiance dans laquelle il se trouve placé. Dans le travail que nous avons entrepris, nous avons tenté d'étudier les effets cumulatifs des facteurs thermiques de l'environnement et de l'inanition partielle imposée pendant une courte durée.

L'influence de la chaleur et du froid sur l'organisme a depuis longtemps attiré l'attention des physiologistes ; et les mécanismes de thermolyse et de thermogénèse sont désormais bien connus en ce qui concerne le maintien de l'homéothermie. L'inanition totale ou partielle a également fait l'objet de nombreux travaux, qui ont permi d'acquérir des connaissances précises sur les perturbations apportées au métabolisme des éléments minéraux ainsi qu'à celui des trois principes : Protides, Lipides, Glucides. Les ions minéraux intervenant dans la"balance hydrique " et dans la régulation de la pression osmotique, leur métabolisme est étroitement lié à celui de l'eau dans l'organisme. Certaines substances minérales, comme le potassium et le phosphore, sont associées à la cellule dont elles suivent le même sort lorsqu'intervient un catabolisme tissulaire. Les conséquences de l'inanition partielle sont similaires à celles de l'inanition totale ; la dépense de fond restant inchangée, le sujet subissant un régime carencé en apports, doit prélever ce qui lui est nécessaire sur ses réserves et ses propres tissus. L'organisme sous-alimenté commence par couvrir ses besoins en puisant dans ses réserves glucidiques ; celles ci sont vite épuisées car elles sont peu importantes. Il dégrade alors ses réserves lipidiques en s'éfforçant d'épargner au maximum ses protides. Les lipides fournissant la plus grosse part pour compenser le déficit énergétique des apports, on a pu observer dans certains cas une adaptation de l'organisme qui réduit ses dépenses en rétablissant son équilibre azoté. Mais un régime carencé en apports, même s'il contient des protides en quantité suffisante, entraine à la longue une perte d'azote; car des protéines tissulaires sont sacrifiées pour combler le déficit énergétique de la ration.

En alimentation hypocalorique, on évalue l'importance du catabolisme protidique en établissant le bilan entre les ingestions et les excrétions d'azote. La valeur du déficit azoté permet d'évaluer l'importance du catabolisme des protéines de l'organisme, entrainant la dégra-

dation de la masse tissulaire maigre. L'organisme exige un certain apport d'azote car il en perd chaque jour une quantité notable. Si les apports sont insuffisants, l'excrétion azotée continue cependant à se faire d'une façon inéluctable; les pertes sont supérieures aux apports et le bilan est déficitaire. L'organisme catabolise alors ses réserves protidiques et il dégrade la masse musculaire. Il existe un besoin minimum d'azote qui peut varier suivant chaque sujet ; si les quantités ingérées descendent au dessous de ce minimum, on a un bilan négatif par rapport aux quantités excrétées par les urines et par les fécés. Ce bilan entre les apports et les pertes d'azote est d'une grande importance, car il renseigne sur le catabolisme cellulaire lorsque la balance est négative. Le besoin minimum d'azote est assuré par l'apport exogène de protéïnes sous forme d'acides aminés dont certains sont indispensables.

Les premières tentatives de bilan métabolique, sont apparues à l'époque où les connaissances sur l'azote devaient arriver à un développement suffisant pour susciter la notion de métabolisme. On peut dire que l'histoire des bilans se confond avec celle des connaissances sur l'azote. Dans un ouvrage traitant du besoin azoté, JACQUOT et VIGNERON (42) montrent cette évolution, depuis que l'azote fut caractérisé comme élément chimique en 1772 par RUTHERFORD, SCHEELE, PRIESTLEY et surtout par LAVOISIER (48). Ce dernier rechercha l'activité physiologique de l'azote sous les deux états : libre et combiné. Il nota que contrairement à l'oxygéne, l'azote ne participait pas à la " combustion " et c'est la raison pour laquelle il donna à ce gaz le nom malencontrux"d'azote". LAVOISIER reconnut cependant sa présence sous forme organique, mais sans en préciser le rôle biologique. En 1816, dans un mémoire à l'académie des Sciences sur les " propriétés nutritives des substances qui ne contiennent pas d'azote ", MAGENDIE (63) démontra qu'il ne pouvait y avoir de vie sans apport d'azote organique. En 1839, BOUSSINGAULT (15) détermine les bases de l'équilibre alimentaire et donne une première définition des besoins d'entretien et de croissance ; il tenta le premier la détermination du bilan. Cet auteur fut ainsi amené à la comparaison des ingesta et des excreta, en soumettant des animaux à une rigoureuse ration d'entretien, pour tenter de ne pas faire varier le poids de l'animal pendant la durée de l'expérience. C'est à la même époque que MULDER (66) observa

des corps organiques contenant quatre éléments : Azote, Carbone, Oxygéne, Hydrogéne ; ces composés étaient indispensables à la vie et il les appela " Protéïnes " (de protéïos : premier). Les acides aminés ne devaient être caractérisés que beaucoup plus tard. On peut dire que la premiére notion de métabolisme apparut en 1846 avec VON LIEBIG (97) qui étudia les conditions de formation des protéines animales à partir de la ration : " La quantité d'aliments azotés nécessaires pour restaurer l'équilibre entre la destruction et l'élaboration est directement proportionnelle aux quantités de tissu métamorphosé (usé). La quantité de tissu métamorphosé peut être mesurée par l'excrétion urinaire d' azote. "

Reprenant les expériences de BOUSSINGAULT, mais avec une technique plus rigoureuse, VOIT (96) montre en 1866 que l'organisme en équilibre de poids à un bilan azoté stationnaire, et qu'il existe un équilibre entre les protéïnes fixes et circulantes. Les travaux qu'il poursuivit avec PETTENKOFFER (71) nous semblent d'un grand intérét. C'est en effet la premiére fois qu'une étude des bilans azotés était pratiquée sur l'homme avec des bases expérimentales solides quant à l' apport de protéïnes ; ces auteurs expérimentérent en effet en prenant la ration du soldat allemand dont l'apport protéïque était déjà à l'époque parfaitement connu. Vers 1897, RUBNER (74) poursuivit cette technique d'observation directe. Les travaux d'ATWATTER (10) aboutirent à déterminer les calories fournies par l'ingestion de protéines chez des hommes placés en diverses conditions de repos et de travail. Les besoins en protéïnes suivant l'intensité des dépenses devaient être approfondis plus tard en 1905 par FOLIN (27) et en 1909 par THOMAS (8). Ces auteurs tentérent de définir une dépense minimum à partir de laquelle on peut chiffrer un besoin minimum d'azote. Dans son " Métabolisme de l'Azote ", TERROINE (80) devait appeler cette dépense azotée minimum : dépense endogéne spécifique ; c'est la perte inéluctable d'azote d'un organisme équilibré en poids dont les autres besoins que celui de l'azote sont amplement couverts par les apports.

Outre ce besoin quantitatif d'azote, on devait aussi s'orienter vers l'étude du besoin qualitatif. BOUSSINGAULT de même que MAGENDIE avaient déjà soupçonné que les protéïnes alimentaires n'avaient pas la même valeur nutritive. Il fallut cependant arriver au début du 20e siécle pour connaitre les acides aminés, aprés les travaux de FISHER (26) et ABDERHALDEN (1). En 1902 KUTSHER et SEEMAN (46)

réussirent à extraire du contenu intestinal d'un chien des amino-acides libres : leucine, tyrosine, arginine, lysine. La valeur nutritive de ces produits de digestion est mise en évidence par LOEWI (61).On savait désormais que la composition en amino-acides des protéïnes déterminait leur qualité alimentaire. Cette valeur nutritive fut caractérisée par OSBORNE, MENDEL et FERRY (67), qui en 1919 établirent un rapport entre le gain de poids d'un animal et le poids de protéines ingérées ; ce rapport de la première valeur sur la deuxiéme fut appelé " coéfficient d'éfficacité protéïque ", lequel est encore employé de nos jours. En 1924 MITCHELL (65) montre la supériorité des protéïnes d'origine animale. Depuis cette époque la recherche sur les acides aminés n'a pas cessé de s'amplifier; l'étude des déséquilibres alimentaires a fait notamment l'objet de nombreuses publications dont la citation allongerait outre mesure notre exposé. Nous signalerons cependant les ouvrages émis par la Société de Chimie Industrielle, où sont exposés certains travaux de TREMOLIERES (82), JACQUOT et VIGNERON (42). Les problémes de dépense énergétique sont traités dans les ouvrages de LEFEBVRE (51) et GIAJA (39); la nutrition et les déséquilibres alimentaires par TERROINE (79)(80), ainsi que dans plusieurs publications : Annales de la Nutrition (5), Handbook of Nutrition (41), Advances in Food Research (4). TREMOLIERES a traité le métabolisme calorique (91), la diététique thérapeutique (84), aussi les amino-acides et leur rendement d'utilisation (85), l'action de certaines hormones sur l'efficacité protéique (87)(88)(89)(91). L'inanition a également été étudiée par cet auteur, qui a exposé notamment les modi fications physiologiques qui interviennent au cours des états de dénutrition de longue durée allant jusqu'à 24 semaines (82). Sur des animaux, APFELBAUM et Coll. ont observé la consommation basale d'oxygéne dans les restrictions caloriques (7)(8).

Si l'apport de protéïnes est indispensable à l'organisme, ce dernier a également un besoin minimum de glucides et de lipides dans des proportions équilibrées pour fournir l'apport énergétique nécessaire aux dépenses. Cet apport d'énergie varie en fonction du poids, de l'âge et du sexe du sujet. Pour un homme de 65 kilogs exerçant une activité physique moyenne dans un climat tempéré, on admet que la valeur énergétique de l'apport quotidien doit être voisin de 3000 kilogcalories. Mais la dépense énergétique peut être profondément modifiée sous l'influence des facteurs thermiques du milieu extérieur. Envisageant divers environnements sous l'angle plus particulier de la survie, PEDOYA et Coll. (70)

avaient tenté d'adapter une ration spéciale de survie valable pour toutes les ambiances thermiques. En réalité l'équilibre énergétique, de même que les métabolismes de l'azote et hydro-électrolytiques, subissent de notables modifications dans certains environnements. Comme l'ont montré les travaux de GRANDPIERRE et Coll. (29)(30)(32)(33) (37)(38), les facteurs climatiques ont une action importante sur l'homme, et il convient de permettre à l'organisme d'assurer la thermorégulation dans toutes les ambiances thermiques, que celles ci soient naturelles (31)(34)(36) ou artificielles (35).

Dans le travail que nous allons exposer, nous avons tenté de mettre en évidence l'influence du facteur thermique sur les catabolismes protidiques, lipidiques, et la deshydratation, sur des hommes jeunes soumis à une dénutrition partielle pendant des périodes de trois à six jours. La connaissance des apports énergétiques, hydriques et minéraux, de même que les éliminations azotées et électrolytiques, nous a permi une étude approfondie des bilans métaboliques.

Au cours des trois premiers chapitres, nous exposerons les résultats obtenus dans des régimes carencés en apports énergétiques, mais sans limitation des apports hydriques. Afin d'avoir une base de comparaison avec les conditions d'environnement habituel, les deux premiers chapitres traiteront des résultats d'observations effectuées en ambiance tempérée. Le troisième chapitre sera ensuite consacré aux variations observées dans un environnement froid. Les effets de l'inanition partielle de courte durée dans les ambiances tempérées ainsi que dans les ambiances froides, pourront alors être comparées aux variations constatées dans des environnements chauds et humides,; lesquels feront l'objet du quatrième chapitre. L'influence cumulée des deux facteurs :carence des apports énergétiques et limitation des apports hydriques sera traitée dans le quatrième et le cinquième chapitre ; ce dernier exposant les modifications observées dans un environnement chaud et sec. Pour chaque ambiance thermique, les résultats biochimiques feront apparaitre les variations des constantes du sang, l'élimination urinaire, ainsi que les bilans métaboliques de l'azote, du chlore, du potassium, du sodium et du phosphore. A partir du bilan azoté déficitaire, et connaissant

le déficit énergétique pendant la période d'épreuve, nous chercherons à fractionner dans la perte de poids la part revenant respectivement : à la fonte tissulaire maigre, au catabolisme lipidique et à la deshydratation. Cette méthode que nous avons utilisée dans nos expérimentations, sera exposée en détail dans le deuxième chapitre; les résultats seront comparés, en ce qui concerne le catabolisme lipidique, avec ceux obtenus par une autre technique basée sur la mesure du pli cutané, et que nous avons employé une seule fois lors de la première expérimentation en ambiance tempérée. Nous tenterons enfin de tirer certaines conclusions de ces épreuves d'inanition partielle imposées dans des environnements thermiques différents.

CHAPITRE PREMIER

L'INANITION PARTIELLE SANS LIMITATION DES APPORTS HYDRIQUES

OBSERVATIONS EFFECTUEES EN AMBIANCE TEMPEREE

Les métabolismes de l'azote et des éléments minéraux de l'organisme sont étroitement liés au métabolisme de l'eau. La physiologie des masses tissulaires et des substances dissoutes comme chlore, sodium, potassium, ne peut être dissociée de celle des compartiments liquidiens extracellulaires ou intracellulaires. Dans l'étude expérimentale de l'inanition partielle, où les apports alimentaires sont déficitaires, les apports hydriques ont une importance primordiale C'est la raison pour laquelle nous avons tenté dans un premier temps de rechercher les effets d'une carence énergétique en ne limitant pas les apports hydriques. Nous avons d'autre part différencié les conditions de l'environnement thermique en tenant compte de la température et de l'hygrométrie.

Les premiéres observations sont effectuées en ambiance tempérée, par une température moyenne de +16°C. Pendant six jours nous avons imposé à des sujets, en plus de l'activité normale, une marche quotidienne de 3 heures. Les apports alimentaires sont déficitaires, mais les sujets peuvent boire à volonté; les volumes ingérés sont notés. L'apport énergétique quotidien est 2056 Kilogcalories pour huit sujets, alors que les neuf autres reçoivent seulement la moitié de cette ration : soit 1028 Kilogcalories apportées par 27 grammes de protides, 39 grammes de lipides et 142 grammes de glucides. Ces éléments contiennent 1,83 grammes de sodium, et 0,89 gramme de potassium. Aprés évaluation de la dépense quotidienne (que nous exposerons ultérieurement), le déficit énergétique est en moyenne 1978 Kilogcalories pour le premier groupe et 2990 Kilogcalories pour le deuxiéme. Les sujets sont pesés avant et aprés la période d'inanition partielle, ainsi qu'à l'issue d'une période de récupération de six jours. Les urines ainsi que les féces quotidiennes sont récoltées pour y doser l'azote total,(méthode de Kjehldal). On recherche et analyse en outre dans les urines : les corps cétoniques, la créatinine (réaction de Jaffé), l'urée (hypobromite), les chlorures (Charpentier-Volhard), le sodium et le potassium (photométrie de flamme), le phosphore (technique de Macheboeuf) ; ces deux derniers éléments sont également dosés dans les féces. Certaines constantes du sang sont observées au début et à la fin de l'épreuve par le dosage de l'urémie, glycémie (Baudouin-Lewin), natrémie et kaliémie (photométrie de flamme). Enfin l'indice de réfraction du serum est mesuré au moyen du réfractométre de Abbe.

MODIFICATIONS DES CONSTANTES DU SANG

Le premier groupe, qui comprend les sujets numérotés de 1 à 8, a un apport quotidien de 2056 Kilogcalories ; et le deuxiéme groupe (sujets N° 9 à 17) reçoit seulement la moitié de l'apport énergétique, soit 1028 Kilogcalories par jour. Les résultats des variation observées dans l'urée sanguine, la glycémie, la natrémie et la kaliémie sont consignés sur le Tableau I, qui donne les moyennes des valeur par groupe avant et aprés l'épreuve de six jours d'inanition partielle En ce qui concerne les électrolytes Na^+ et K^+, figurent également les valeurs de concentration dans le plasma aprés six jours de récupératio

TABLEAU I

Variations des constantes du sang
aprés 6 jours de régime carencé en climat tempéré
(moyenne sur 17 sujets)

	groupe	Avant l'épreuve		Aprés 6 jours d'épreuve	
		moyenne	écart type	moyenne	écart type
Urée g/1000	1	0,24	0,05	0,22	0,02
	2	0,28	0,09	0,25	0,04
Glycémie g/1000	1	1,04	0,08	0,80	0,05
	2	1,04	0,10	0,79	0,06
Na^+ meq	1	138	1,7	142	3,1
	2	140	5	141	5
K^+ meq	1	5	0,10	4,2	0,3
	2	5	0,14	4,5	0,3
		Aprés récupération			
Na^+ meq	1	142	2,1		
	2	141	3		
K^+ meq	1	5	0,05		
	2	5	0,08		

Les taux d'urée sanguine et de glycémie accusent une certaine diminution aprés l'épreuve; cet abaissement semblerait plus accentué pour le groupe 2. Le sodium plasmatique augmente, mais d'une façon plus importante pour le groupr 1. Aprés six jours de récupération, les concentrations sont identiques à celles observées à la fin de la période d'inanition partielle. Par contre on remarque une diminution de la concentration du potassium plasmatique; l'ampleur de cette variation étant supérieure pour le groupe 1. Aprés la période de récupération, les taux de kaliémie reprennent leur valeur initiale.

Il semblerait que les sujets du groupe 2, qui ont subi la carence énergétique la plus sévére, ont une baisse plus importante de taux d'urée et de glycémie. On constate d'autre part chez ces mêmes sujets une élévation moins grande du sodium plasmatique ainsi qu'un moindre abaissement du potassium, par rapport aux sujets ayant un apport énergétique supérieur. L'indice de réfraction du serum est relativement stable chez les sujets du premier groupe; par contre les sujets les plus carencés en apport ont une augmentation de l'indice de réfraction qui dénote une légére hémoconcentration.

ELIMINATION URINAIRE

On constate chez tous les sujets une baisse considérable du volume des urines pendant la période d'épreuve. La diurése est nettement moins importante pour le deuxiéme groupe qui ne reçoit que la moitié de la ration ; il semble que la restriction des apports alimentaires entraine une limitation des besoins hydriques. Il est interessant de noter que la mesure de l'indice de réfraction du serum montre une certaine hémoconcentration pour les sujets de ce même groupe.

On observe une augmentation de la densité des urines, corrélative à l'abaissement de la diurése. Dans des volumes d'urine trés abaissés, on constate une élévation importante des taux de concentration de créatinine et d'urée. Il ne fut jamais décelé la présence de suc

dans l'urine des sujets ; par contre on note au cours de la période d'inanition partielle trois cas d'albuminurie légère, cessant dés le premier jour de la période de récupération.

Une excrétion modérée de corps cétoniques est observée chez les sujets du groupe 1 ; mais cette excrétion est considérable pour les sujets subissant le régime le plus carencé. Aprés une étude sur les différents catabolismes qui interviennent au cours de cette épreuve, nous trouverons une excellente corrélation entre l'ampleur de l'excrétion des corps cétoniques et la dégradation des réserves lipidiques du groupe 2.

L'excrétion de l'urée diminue chez tous les sujets pendant la période d'inanition partielle; cette diminution est cependant plus accusée pour les sujets du groupe 2 recevant la moitié des apports de l'autre équipe. Cet abaissement de l'excrétion de l'urée au cours de l'épreuve est vraisemblablement dû au faible apport protidique.

BILAN CHLORURE

La ration quotidienne de 2000 Kilogcalories apporte 9 grammes de ClNa aux sujets du groupe 1 ; alors que le groupe 2 ne dispose que de 4,50 grammes. On assiste à la chute de l'excrétion des chlorures dés le premier jour de l'épreuve ; abaissement beaucoup plus important pour le groupe 2. L'organisme s'éfforce, même avec un faible apport chloruré, d'équilibrer les pertes afin de préserver son capital électrolytique. Malgré ces efforts, le bilan ne portant cependant que sur les excrétions par voie urinaire, est déficitaire.

Le bilan des apports et des pertes de ClNa pendant les six jours de la période de régime carencé s'établit en moyenne pour chaque groupe :

premier groupe	Apports	: 9 x 6	= 54 grammes
	Elimination	:	= 52,91
	Bilan	:	+ 1,09

deuxiéme groupe	Apports	4,50 x 6	:	27 grammes
	Elimination		:	29,68
	Bilan		:	- 2,68

Ce bilan est établi sur les seules excrétions par voie rénale. Pour un bilan plus rigoureux, il y aurait lieu de considérer les pertes de ClNa par voie sudorale ainsi que dans les féces. Quoi qu'il en soit, ce bilan partiel fait déjà apparaitre pour le deuxiéme groupe un déficit chloruré à la fin de la période d'épreuve.

BILAN AZOTE

Pendant la période de dénutrition partielle qui dure six jours, les sujets absorbent une ration dont la contenance protidique est parfaitement connue. La correspondance de l'apport quotidien d'azote est 9,69 grammes pour le premier groupe et 4,34 grammes pour le second. Le dosage de l'azote total dans les urines ainsi que dans les selles est effectué quotidiennement, non seulement pendant la période d'inanition partielle, mais aussi pendant une période d'observation préalable de trois jours avant l'épreuve. Cette période d'observation, pendant laquelle les sujets ont une activité normale et où l'on connait également les apports énergétiques, nous permet de calculer également le déficit énergétique pendant la période d'épreuve. Nous exposerons plus loin dans le chapitre II les valeurs de ce déficit calorique, lorsque nous envisagerons d'évaluer l'ampleur des catabolismes protidiques et lipidiques. Le Tableau II mentionne pour chaque sujet les apports d'azote pendant les six jours de restriction (52,14 grammes pour les sujets du groupe 1 et 26 grammes pour le deuxiéme groupe), les excrétions et le bilan.

Pour l'établissement de ces bilans azotés, nous avons pris en considération uniquement les apports d'azote provenant des protéines des aliments ingérés. Toutefois on doit signaler que des expériences d'azote marqué, ont montré qu'une quantité minime mais évidente de l'azote gazeux pulmonaire pourrait se fixer sur l'organisme. Quoi qu'il en soit, ces quantités d'azote étant infimes, nous les avons considérées comme négligeables dans le compte des apports devant servir à l'établissement du bilan.

TABLEAU II

Bilan Azoté aprés
6 jours d'inanition partielle (en grammes)

sujet	Apport	Excrétion	Bilan
Apport énergétique quotidien 2056 kilogcalories			
1	52,14	59,28	- 7,14
2	"	78,90	- 26,76
3	"	55,66	- 3,52
4	"	77,86	- 25,72
5	"	46,54	+ 5,60
6	"	72,40	- 20,26
7	"	71,96	- 19,82
8	"	57,53	- 3,59
Apport énergétique quotidien 1028 kilogcalories			
9	26,04	55,94	- 29,90
10	"	48,19	- 22,15
11	"	54,95	- 28,91
12	"	50,85	- 24,81
13	"	49,07	- 23,03
14	"	40,91	- 14,87
15	"	56,50	- 30,46
16	"	47,27	- 21,23
17	"	77,02	- 50,98
moyenne 1er groupe	52,14	65,01	- 12,87
moyenne 2e groupe	26,04	53,41	- 27,37

On remarque que seul le sujet 5, qui appartient au groupe le plus favorisé, a un bilan azoté qui n'est pas déficitaire. Le bilan est négatif pour tous les autres sujets ; l'ampleur du déficit étant fonction de la valeur restrictive des apports. En moyenne, pour un apport en grammes de 52,14 on observe un déficit de - 12,87 ; et pour un apport de 26,04 le déficit est plus sévère : - 27,37. Il apparait que les excrétions comparées des deux groupes ne subissent pas le même écart que la disparité des apports dont la valeur est deux fois plus grande pour le groupe 1. Mais avant de poursuivre plus avant la discussion sur le déficit du bilan azoté, qui traduit le catabolisme protidique, nous pensons qu'il est nécessaire d'avoir connaissance pour chaque sujet du déficit énergétique subi au cours de l'épreuve. Aussi reprendrons nous l'interprétation de ces résultats du bilan de l'azote, aprés avoir établi quantitativement les valeurs des différents catabolismes. En effet l'étude d'un bilan est une opération complexe qui doit être effectuée dans le contexte général ; car nous pensons avec TRENOLIERES et JACQUOT (90) que " le bilan est une donnée globale et représente la somme algébrique de synthéses et de catabolismes ".

BILAN POTASSIUM

De même que pour l'azote, le potassium est dosé quotidiennement dans les urines et dans les selles. La ration quotidienne de 2056 Kilogcalories contient 1,78 grammes de potassium alors que l'apport est 0,89 grammes pour les sujets absorbant 1028 Kilogcalories. Pendant les six jours de l'expérience l'apport total pour un sujet du premier groupe est 10,68 grammes, et 5,34 pour le sujet du deuxiéme groupe. Le Tableau III dresse le bilan du potassium aprés l'épreuve.

Les sujets du premier groupe ont un apport de potassium qui est le double de celui du groupe le plus défavorisé ; aussi les valeurs d'excrétion sont plus importantes. Les sujets 1 , 5 , 7 et 8 ont un bilan positif alors que les autres sujets du même groupe ont un bilan négatif. Ceux qui ont un apport de potassium le plus carencé ont tous également un bilan négatif en fin d'épreuve. Le potassium étant le cation cellulaire, sa fuite hors de l'organisme peut intervenir lors d'un catabolisme tissulaire. Il était alors interessant de voir si un certain parallélisme pouvait exister entre les excrétions d'azote et celles de potassium, et de faire une corrélation entre les 2 bilans.

TABLEAU III

Bilan du Potassium

aprés 6 jours d'inanition partielle (en grammes)

sujet	apport	excrétion	Bilan
Apport énergétique quotidien 2056 kilogcal.			
1	10,68	8,78	+ 1,90
2	"	14,16	- 3,48
3	"	12,39	- 1,71
4	"	12,75	- 2,07
5	"	8,59	+ 2,09
6	"	11,24	- 0,56
7	"	9,86	+ 0,82
8	"	9,10	+ 1,58
moyenne	10,68	10,85	- 0,17
9	5,34	6,75	- 1,41
10	"	6,64	- 1,30
11	"	6,54	- 1,20
12	"	7,11	- 1,77
13	"	6,09	- 0,75
14	"	5,76	- 0,42
15	"	8,38	- 3,04
16	"	7,78	- 2,44
17	"	10,83	- 5,49
moyenne	5,34	7,32	- 1,98
Apport énergétique quotidien 1028 kilogcal.			

TABLEAU IV

Corrélation des bilans azote et potassium

(x = valeurs du bilan potassium - y = valeurs du bilan azote)

y \ x	+2,09	+1,90	+1,58	+0,82	-0,56	-1,71	-2,07	-3,48
-26,76								2+
-25,72							4+	
-20,26					6+			
-19,82				7+				
-7,14		1+						
-5,39			8+					
-3,52						3+		
+5,60	5+							

y \ x	-0,42	-0,75	-1,20	-1,30	-1,41	-1,77	-2,44	-3,04	-4,59
-50,98									17+
-30,46								15+	
-29,90					9+				
-28,91			11+						
-24,81						12+			
-23,03		13+							
-22,15				10+					
-21,23							16+		
-14,87	14+								

CORRELATION DES BILANS AZOTE ET POTASSIUM

Afin de comparer les valeurs des bilans azote et potassium, et d'en permettre une interprétation plus aisée, nous avons tenté de les présenter sous la forme d'un tableau de corrélation ; ce tableau se prêtant plus facilement à la recherche d'une signification.

Dans ce Tableau IV, nous avons placé horizontalement les valeurs " x " des bilans potassium pour chaque sujet. En partant de la gauche, nous avons commencé par les valeurs les plus positives, pour aller vers la droite vers des valeurs de plus en plus négatives du bilan. De même les valeurs " y " placées verticalement représentent les bilans de l'azote pour chaque sujet ; et ces valeurs de négativité du bilan vont en décroissant de haut en bas du tableau. Le point d'intersection des perpendiculaires de ces deux valeurs pour un même sujet, est marqué d'une croix suivi de son numéro. La partie supérieure du tableau concerne le groupe des sujets 1 à 8, dont les apports quotidiens en azote et en potassium sont le double de ceux du groupe des sujets 9 à 17 placé à la partie inférieure du tableau.

A l'examen de ce tableau IV, il semblerait que l'on puisse déceler dans l'ensemble une certaine relation entre les deux valeurs des bilans azote et potassium ; mais il n'est cependant pas possible d'attribuer une interprétation suffisante permettant d'en tirer une signification valable. Ceci nous a incité à entreprendre l'exploitation statistique des résultats, en considérant pour chaque sujet les bilans quotidiens d'azote et de potassium pour chaque journée de la période d'inanition partielle.

Nous avons calculé le coéfficient de corrélation qui existe entre les valeurs " y " des bilans quotidiens d'azote, et les valeurs correspondantes " x " des bilans quotidiens de potassium. La figuration de ces valeurs apparait sur les diagrammes 1 et 2 concernant les deux groupes respectifs.

N étant le nombre de données, et aprés calcul des écarts types des valeurs " x " et " y ", on sait que le coefficient de corrélation d'aprés Bravais-Pearson s'obtient par l'égalité :

(environnement tempéré)

Fig 1

CORRELATION DES BILANS AZOTE ET POTASSIUM

groupe 1

x = bilan potassium

y = bilan azote

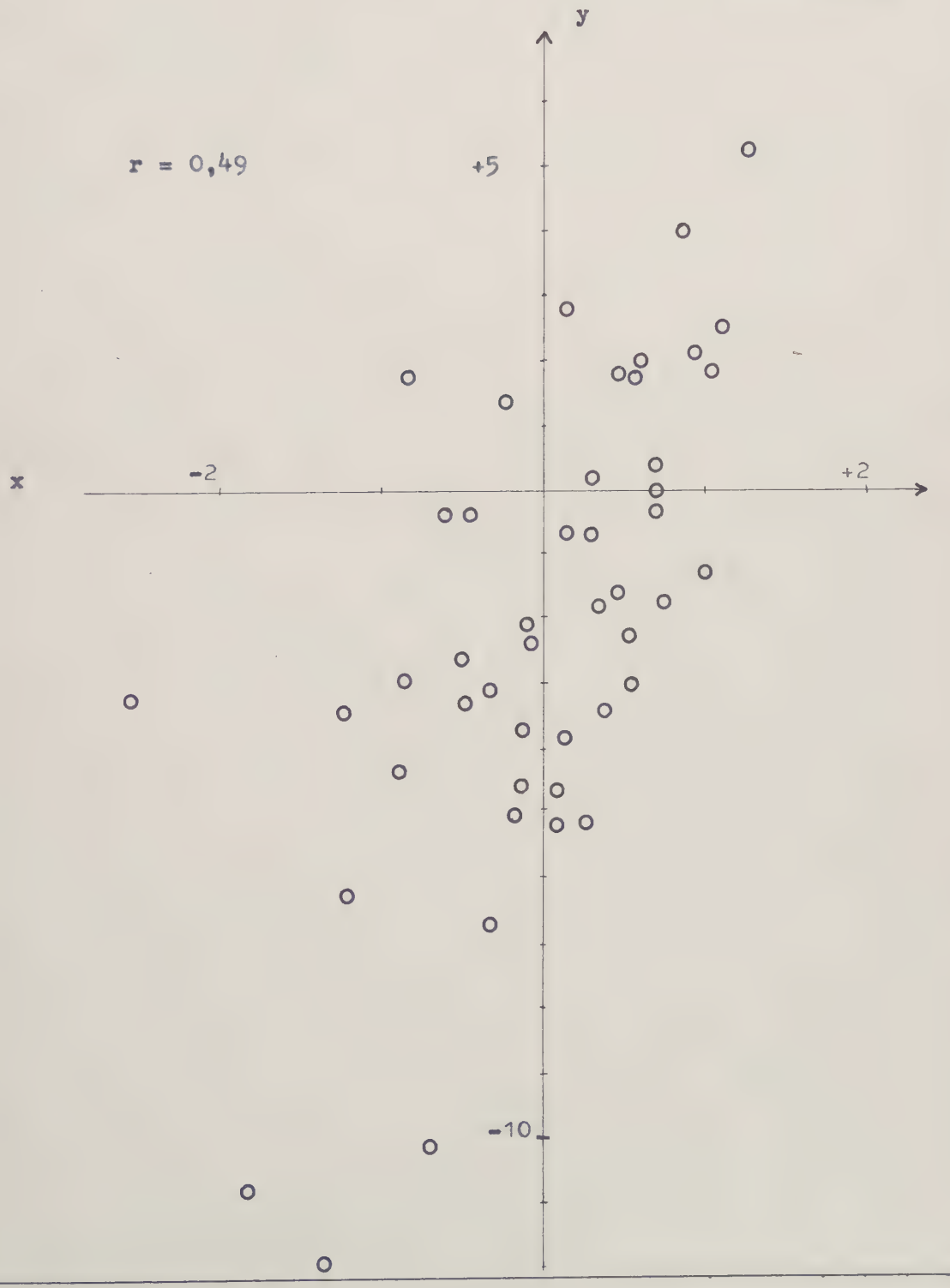


Fig 2

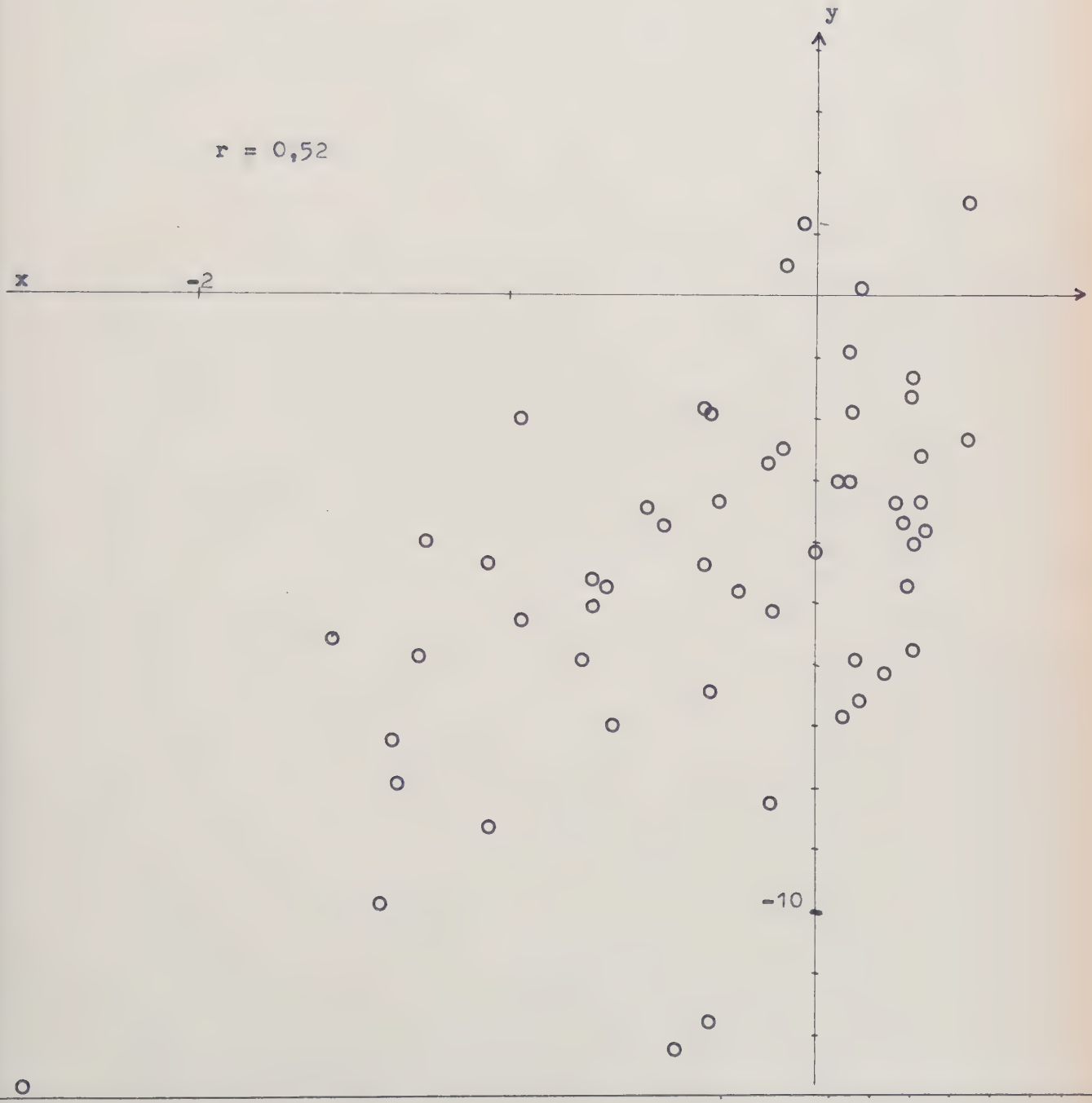
(environnement tempéré)

CORRELATION DES BILANS AZOTE ET POTASSIUM

groupe 2

x = bilan potassium

y = bilan azote



$$r = \frac{\frac{\sum x\,y}{N} - \frac{\sum x \cdot \sum y}{N}}{\sigma x \quad X \quad \sigma y}$$

Pour le groupe 1 nous avons trouvé un coefficient de corrélation :

$$r = 0{,}49$$

et pour le groupe 2 :

$$r = 0{,}52$$

La recherche de la signification des valeurs de ces coefficients de corrélation est effectuée sur les tables de Fischer : les deux coefficients sont significatifs avec une probabilité de 99 pour cent. Dans le cas présent, il est donc permi d'énoncer que les excrétions de potassium s'accomplissent corrélativement aux excrétions d'azote. L'apport protidique déficitaire provoque une dégradation de la masse tissulaire maigre et une perte d'azote d'origine endogéne ; ce catabolisme cellulaire entraine parallélement l'exode du potassium.

ELIMINATION ET BILAN DU PHOSPHORE

De même que l'azote et le potassium, le phosphore est analysé chaque jour dans les urines et dans les féces. Les excrétions totales de phosphore par les urines et par les selles apparaissent sur le Tableau V qui mentionne les valeurs quotidiennes d'élimination.

On remarque dans l'ensemble un abaissement de l'excrétion du phosphore au cours de la période d'inanition partielle, peut être plus accentué les deux premiers jours. Les valeurs d'excétion du groupe 1 sont plus élevées, car les sujets reçoivent des apports de phosphore plus importants que ceux du deuxiéme groupe. Pour être en droit d'interpréter valablement ces excrétions, il convient cependant de les examiner dans le contexte du bilan, c'est à dire en regard des apports.

Le Tableau VI donne les valeurs du bilan du phosphore aprés six jours d'inanition partielle.

TABLEAU V

Excrétions totales de phosphore
(milligrammes par 24 heures)

sujets	jours de l'épreuve					
	1er	2e	3e	4e	5e	6e jour
1	1557	1315	1162	1288	998	1487
2	1500	992	1048	1240	1116	795
3	988	892	820	839	597	990
4	1126	1212	874	1467	1283	915
5	1543	952	702	811	885	595
6	1349	1109	806	1114	1079	902
7	1254	1169	1002	1159	1036	1183
8	611	853	803	808	845	858
moyenne	1241	1061	926	1090	979	965
9	956	982	987	902	954	895
10	1170	836	1111	764	897	880
11	1370	690	681	525	662	725
12	913	712	1002	695	825	641
13	922	574	1049	737	733	676
14	952	625	694	581	753	596
15	1133	812	795	695	773	716
16	497	580	824	705	713	541
17	967	878	1130	1347	1078	1033
moyenne	984	743	919	772	820	744

Les sujets du premier groupe ont pu dans l'ensemble équilibrer le bilan du phosphore ; car l'excrétion moyenne de 6265 milligrammes est trés voisine de la valeur de l'apport qui est de 6708 milligrammes. Il n'en est pas de même pour les sujets du deuxiéme groupe qui ont tous sans exception un bilan déséquilibré. Il apparait bien cependant que l'organisme tente de préserver le capital phosphore en s'efforçant de réduire au maximum les excrétions.

L'apport quotidien de phosphore est 559 milligrammes pour le groupe ayant une ration dont la valeur énergétique est 1028 Kilogcalories ; et il est le double pour les sujets du premier groupe qui absorbent la ration de 2056 Kilogcalories, soit 1118 milligrammes. Les besoins de l'organisme en phosphore peuvent être trés variables suivant l'âge du sujet (73). Chez un adulte normal, on a pu évaluer les besoins quotidiens aux environs de 12 milligrammes par Kilog de poids ; ce qui donnerait pour un sujet pesant 70 Kilogs une quantité de 840 milligrammes de phosphore. Il apparait effectivement que les besoins en phosphore ont été couverts pour les sujets du premier groupe dont l'apport quotidien est 1118 milligrammes, car dans l'ensemble le bilan est équilibré. Par contre les sujets 9 à 17 dont l'apport quotidien est réduit à 559 milligrammes, ont tous un bilan négatif. (20)

Les apports de phosphore se font dans l'alimentation soit sous forme minérale (phosphates), soit sous forme organique dans les phosphoprotéïdes ou les nucléoprotéïdes inclus dans les aliments. L'élimination du phosphore de l'organisme se fait généralement sous forme de phosphates par les urines et par les selles,(72) à des quantités voisines de 900 milligrammes de phosphore par jour pour un adulte normal (78). L'origine de ce phosphore excrété sous forme de phosphate est double : elle est exogéne par l'apport alimentaire, mais elle peut être aussi d'origine endogéne lorsque les apports ne couvrent pas les besoins. Dans ce cas le phosphore excrété provient de la dégradation des phosphatides et des phospho et nucléoprotéïdes de l'organisme. Il semble bien qu'il en soit ainsi dans l'expérimentation présente ; car l'examen du bilan pour les sujets du deuxiéme groupe permet de penser à une telle dégradation.

TABLEAU VI

Bilan du Phosphore
aprés 6 jours d'inanition partielle
(en milligrammes)

sujet	apport	excrétion	Bilan
Apport énergétique quotidien 2056 kilogcalories			
1	6708	7807	- 1199
2	"	6691	+ 17
3	"	5126	+ 1582
4	"	6877	-169
5	"	5488	+ 1220
6	"	6359	+ 349
7	"	7001	- 293
8	"	4778	+ 1930
moyenne	6708	6256	+ 443
Apport énergétique quotidien 1028 kilogcalories			
9	3354	5676	- 2322
10	"	5658	- 2304
11	"	4653	- 1299
12	"	4777	- 1423
13	"	4691	- 1337
14	"	4201	- 847
15	"	4904	- 1550
16	"	3860	- 506
17	"	6433	- 3189
moyenne	3354	4983	- 1629

En provoquant l'exode du phosphore, la destruction des nucléoprotéïdes entraine de surcroit fatalement une fuite de l'azote hors de l'organisme. Aussi, en ce qui concerne les sujets du groupe 2, avons nous pensé qu'il était interessant d'examiner plus attentivement le parallélisme des deux excrétions d'azote et de phosphore dans une étude de corrélation.

CORRELATION DES EXCRETIONS D'AZOTE ET DE PHOSPHORE

Dans un régime fournissant un apport énergétique déficitaire, le métabolisme des éléments minéraux est modifié. Nous avons en effet déjà mis en évidence dans cette expérimentation, que l'élimination du potassium avait suivi parallélement celle de l'azote, car elle est en rapport avec la fonte tissulaire. On sait également par l'étude des bilans calciques, que l'élimination du calcium est intimement liée à celle du phosphore (73)(78). Comme l'ont montré les travaux de LEMAIRE et Coll.,(56)(57)(58)(59)(60) la dégradation cellulaire entraine une deshydratation qui provoque simultanément des perturbations importantes dans le métabolisme des électrolytes. Parmi ces éléments minéraux, le phosphore est lié à la structure cellulaire. Il semblerait que lors de la dégradation des protéines tissulaires, il pourrait y avoir un certain parallélisme entre les excrétions d'azote et les excrétions de phosphore, de même qu'il y a corrélation entre celles d'azote et de potassium. Aussi avons nous pensé faire une étude comparative sur les excrétions concommittentes d'azote et de phosphore chez les sujets du deuxiéme groupe.

Nous avons effectué un calcul statistique, à la recherche d'une corrélation entre les excrétions quotidiennes d'azote et de phosphore pour chaque sujet. Nous aurions pu faire ce calcul statistique en prenant les bilans quotidiens, mais l'exploitation sur les excrétions a la même signification, du fait que les apports journaliers d'azote et de phosphore ont une valeur constante. Ayant représenté sur un graphique les données expérimentales par des points en diagramme correspondants aux deux valeurs d'excrétion d'azote et de phosphore, nous avons obtenu un nuage de dispersion des points pouvant être considéré comme un nuage de corrélation positive. Nous avons alors calculé le coéfficient de corrélation qui existe entre

chaque valeur d'excrétion d'azote total (que nous avons appelé y), et la valeur correspondante d'excrétion de phosphore pour le même sujet ; cette dernière valeur que nous avons appelé x. Nous avons trouvé un coéfficient de corrélation : r = 0,45

Afin d'interpréter la valeur de ce coéfficient, nous nous sommes reporté aux tables de Fisher, qui indiquent à partir de quelles valeurs et d'aprés le nombre de données expérimentales, on peut lui attribuer une signification. Nous voyons que pour N = 34, le coéfficient de corrélation r = 0,45 est significatif avec une grande probabilité. Nous sommes donc en droit de dire que des sujets recevant pendant plusieurs jours des apports déficitaires d'azote et de phosphore ont une excrétion de ces deux corps qui s'accomplit d'une façon corrélative.

Les résultats de cette corrélation azote-phosphore juxtaposés à ceux de la corrélation azote-potassium, mettent en évidence le parallélisme des trois excrétions d'azote, de potassium et de phosphore. Il est permi alors d'énoncer que l'inanition partielle de courte durée provoque une dégradation des protéïnes de l'organisme et une excrétion d'azote d'origine endogéne ; ce catabolisme tissulaire entraine d'une façon corrélative l'exode du potassium et du phosphore cellulaire.

A partir des valeurs déficitaires du bilan azoté, nous allons tenter maintenant de quantifier la part respective des différents catabolismes : protidiques , lipidiques et deshydratation.

CHAPITRE II

VALEURS DES CATABOLISMES PROTIDIQUES ET LIPIDIQUES

DESHYDRATATION

L'organisme recevant pendant plusieurs jours un apport énergétique déficitaire, subit généralement une perte de poids d'autant plus importante que le régime carencé aura été plus sévère. cette perte de poids peut se faire aux dépens de trois secteurs principaux : réserves de masse grasse, tissus maigres et secteur hydrique. De nombreux auteurs se sont attachés à rechercher des techniques permettant de quantifier dans la perte de poids, la part revenant à chacun de ces secteurs. La plupart de ces méthodes impliquent des mesures qui doivent être pratiquées avant et après l'amaigrissement du sujet. Il en est ainsi dans les études de la deshydratation, où l'on procéde aux mesures des espaces liquidiens : eau totale, eau extracellulaire, eau plasmatique ; par différence entre l'eau totale et l'eau extracellulaire, on peut obtenir la deshydratation interessant le secteur cellulaire. Pour évaluer le catabolisme protidique,

c'est à dire la perte de masse tissulaire maigre, il est nécessaire de procéder au bilan exact de l'azote pendant toute la période d'inanition partielle. En connaissant le déficit énergétique pendant la même période, et à partir de la valeur du bilan azoté, on peut de surcroit calculer le catabolisme lipidique. Lors de nos expérimentations nous avons chaque fois procédé au dosage de l'azote total excrété ; cette valeur nous a permi d'établir le bilan de l'azote. Des contrôles rigoureux portant sur les variations pondérales ainsi que sur la diététique quotidienne, nous ont donné en outre la possibilité d'attribuer une valeur au déficit énergétique imposé.

Afin de quantifier le catabolisme lipidique sur nos sujets subissant une épreuve d'inanition partielle dans divers environnements thermiques, nous avons toujours employé cette méthode basée sur le bilan azoté. Toutefois dans un but de comparaison, nous avons tenté dans cette première expérimentation en ambiance tempérée, d'employer simultanément une autre technique pour rechercher le catabolisme lipidique.

Dans cette épreuve d'inanition partielle qui s'est déroulée dans un environnement tempéré, nous avons imposé à nos sujets, en plus de l'activité normale, une marche quotidienne de 3 heures ; ils reçoivent des apports nutritionnels déficitaires dont on connait parfaitement la composition en protides, glucides, lipides, sels minéraux, ainsi que la valeur calorique. Aprés évaluation de la dépense quotidienne (que nous exposerons ultérieurement), le déficit énergétique est en moyenne de 1978 Kilogcalories pour le premier groupe et 2990 Kilogcal. pour le deuxiéme. Les sujets peuvent boire à volonté mais on note le volume ingéré. Sur ces sujets subissant pendant six jours, par une température moyenne de +16°C, un régime carencé en apports, nous avons d'abord tenté d'évaluer le catabolisme lipidique par un calcul partant de la mesure du pli cutané et de la densité du corps. Ces valeurs seront ensuite comparées avec celles obtenues selon la technique découlant du bilan azoté ; méthode permettant de répartir le déficit pondéral en pertes tissulaires maigres, pertes de réserves lipidiques, pertes par CO_2 métabolique, et pertes par deshydratation.(23)(24)

LES RESERVES LIPIDIQUES DANS L'ORGANISME

Plusieurs méthodes ont été préconisées pour évaluer le stock lipidique de l'organisme ; les évaluations effectuées avant et aprés la perte de poids permettent la connaissance du catabolisme lipidique. On peut citer la diffusion d'un gaz dans les graisses (le gaz généralement employé étant le cyclo-propane) ; de même une méthode faisant appel aux ultra-sons (employée pour mesurer l'épaisseur du lard sur le porc. Aprés mesure de l'eau totale et de l'eau extracellulaire, obtenant par différence l'eau cellulaire, MAC CANCE (62) évalue la masse cellulaire (protéïdes tissulaires), car son taux d'hydratation serait constant. En attribuant aux minéraux une valeur standard (7% de la masse maigre), cet auteur pose ensuite l'égalité :

$$\text{Lipides} = \text{Poids} - \left(\begin{matrix} \text{masse} \\ \text{cellulaire} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{eau} \\ \text{extracellulaire} \end{matrix} + \text{minéraux} \right)$$

D'autres auteurs ont même préconisé une méthode se basant uniquement sur la mesure de l'eau totale en appliquant la formule :

$$\text{Lipides} = \text{Poids du corps} - \frac{\text{Eau totale}}{0,700}$$

Ce coéfficient de 0,700 varie selon les auteurs (0,710-0,720 - 0,732).

Mais toutes ces techniques présentent certaines difficultés de réalisation ; aussi avons nous tenté l'utilisation d'une méthode plus simple et pouvant être appliquée à un grand nombre de sujets: l'évaluation de la masse graisseuse à partir de la densité du corps proposée par BEHNKE (11). La densité corporelle représente la composante de la densité masse grasse : 0,900, et de la densité masse maigre : 1,100. Les analyses chimiques de carcasses d'animaux aprés mesure de la densité, ont permi de formuler la relation entre cette valeur et la graisse corporelle. Pour un sujet normal et en équilibre physiologique, on pourrait appliquer la formule :

$$\text{Graisse } \% = 100 \left(\frac{4,201}{D} - 3,81 \right)$$

D étant la densité du corps.

Pour obtenir la valeur de " D ", on peut employer la méthode générale de mesure des densités, en faisant le rapport du poids avec le volume d'eau déplacé en immergeant le corps. Mais cette méthode ne peut se pratiquer qu'en laboratoire ; encore est il nécessaire d'apporter certaines corrections afférentes aux gaz contenus dans les poumons et le tube digestif. Aussi pour rechercher la densité du corps, nous avons employé une méthode dont la réalisation est plus aisée ; il s'agit de la mesure du pli cutané, préconisé par BROZEC (16).

EVALUATION DU CATABOLISME LIPIDIQUE PAR LA MESURE DU PLI CUTANE ET LA DENSITE DU CORPS

La graisse est répartie dans l'organisme en proportion sensiblement constante : moitié dans le pannicule adipeux et moitié autour des viscéres. La valeur du pli cutané est fonction d'une part de l'épaisseur du tissu gras sous-cutané, mais aussi de l'hydratation des tissus. La mesure du pli cutané est simple et peut se pratiquer aisément sur un grand nombre de sujets ; elle se fait au moyen d'un appareil qui ressemble à un pied à coulisse, mais qui est conçu pour exercer une pression constante sur le pli de la peau, quelle qu'en soit l'épaisseur, c'est à dire quel que soit l'écart des branches de l'appareil. On peut faire la mesure du pli cutané sur plusieurs endroits du corps : plis postérieurs du bras et de la cuisse, pli de l'abdomen, pli du thorax, etc... D'aprés les travaux expérimentaux de LE BIDEAU (49)(50), la technique de PASCALE et coll. (69) donnerait les résultats les plus satisfaisants. Cette méthode prend les trois points de mesure qui donnent la meilleure corrélation statistique avec la densité corporelle :

le pli cutané " x1 " est pris sur le thorax, sur une ligne axillaire moyenne, à la hauteur de l'appendice xyphoïde ;

le pli cutané " x2 " est pris 4cm au dessus et en dehors du mamelon (en évitant de pincer le tissu glandulaire) ;

le pli cutané " x3 " est pris au milieu de la face postérieure du bras, à moitié distance entre acromion et olécrane

On prend généralement le coté droit pour faire ces mesures.

Densité du corps à partir de la mesure du pli cutané

A partir des valeurs de " x1 ", " x2 " et " x3 " (en centimétres), affectées chacune d'un coéfficient de pondération propre, BROZEC obtient la densité du corps en appliquant la formule :

$$D = 1{,}088468 - 0{,}007123\ x1 - 0{,}004834\ x2 - 0{,}005513\ x3$$

Pourcentage de Lipides dans l'organisme

Le pourcentage de graisse se calcule alors au moyen de la formule énoncée plus haut :

$$\text{Lipides } \% = 100 \left(\frac{4{,}201}{D} - 3{,}81\right)$$

Les mesures des trois plis cutanés " x1 ", " x2 ", " x3 " avant et aprés la période de six jours d'inanition partielle, sont mentionnés sur le Tableau VII .

Bien que dans l'ensemble il y ait un abaissement général de la valeur des plis cutanés à la fin de la période de régime carencé, on remarque cependant dans plusieurs cas, notamment les sujets 2, 5 et 8, une augmentation de la valeur des plis " x2 " et " x3 ". Il est interessant de noter que chez ces trois sujets (comme nous le verrons aprés le fractionnement de la perte de poids), on trouvera une certaine hydratation finale.

A partir de ces valeurs de plis cutanés, nous avons calculé pour chaque sujet la densité du corps avant et aprés la période carencée en apports nutritionnels. Nous avons ensuite appliqué sur ces deux valeurs de densité, la formule permettant d'obtenir le pourcentage de lipides du corps. En appliquant ce pourcentage au poids

TABLEAU VII

Mesure des plis cutanés
(en 1/10 e de millimétre)

sujet	x 1		x 2		x 3	
	Avant	Aprés	Avant	Aprés	Avant	Aprés
1	61	57	66	61	105	102
2	54	50	49	50	75	75
3	50	57	50	51	61	63
4	63	58	50	47	85	83
5	62	54	57	52	103	108
6	50	49	50	49	51	55
7	105	98	126	155	125	119
8	62	59	52	47	62	66
9	60	55	51	52	52	57
10	60	55	60	51	116	111
11	40	40	32	31	39	40
12	60	55	47	44	85	86
13	55	49	46	43	53	56
14	48	48	41	40	58	54
15	103	83	69	71	131	113
16	70	60	65	51	60	64
17	46	45	50	43	67	63

des sujets, nous avons les valeurs du stock lipidique avant et aprés amaigrissement ; et la différence donne le poids de réserves lipidiques catabolisées.

Le Tableau VIII donne le poids des sujets avant et aprés l'épreuve, le pourcentage et le poids de lipides, ainsi que la valeur des lipides dégradés aprés les six jours d'inanition partielle. Les sujets 1 à 8 ont un apport énergétique voisin de 2000 Kiolgcal., alors que les sujets 9 à 17 ne reçoivent que la moitié de cet apport quotidien. On remarque pour ce dernier groupe un catabolisme lipidique nettement plus important. Quoi qu'il en soit, les valeurs obtenues par cette méthode pour évaluer le catabolisme lipidique nous paraissent trop faibles en regard aux valeurs de pertes de poids ; nous nous proposons de donner ultérieurement des arguments qui viendront étayer cette hypothése. Les causes d'erreur peuvent provenir d'une part de mesures défectueuses des plis cutanés, (les sujets 6 et 7 se retrouvent en fin d'épreuve avec un pourcentage de lipides supérieur à celui mesuré au départ), mais aussi de l'évaluation de l'hydratation du pannicule adipeux, laquelle est difficile à quantifier autrement que par la mesure des espaces liquidiens.

Comme nous l'avons entrevu, il existe une relation entre l'eau totale et les lipides. D'ailleurs certains auteurs comme LEMAIRE, PILLE et DUCROS (53)(54)(55) ont pratiqué la méthode de mesure du pli cutané en même temps que la mesure de l'espace extra-cellulaire, comme test complémentaire dans l'étude de la deshydratation. En effet la masse grasse qui constitue le pannicule adipeux est un tissu. Les cellules adipeuses comprennent une vacuole contenant la réserve lipidique, (généralement constituée par 90 % de glycérides, du cholestérol libre et des phospho-lipides). Mais outre cette vacuole lipidique, les cellules adipeuses ont la même constitution que les autres cellules de l'organisme : elles contiennent notamment une certaine proportion d'eau. Or le degré d'hydratation du pannicule adipeux est trés contreversé ; on trouve dans la littérature des chiffres extrémement variés allant de 8 % à 46 % d'eau. Il y a en réalité d'importantes variations selon les sujets. Il est trés difficile d'évaluer (autrement que par la mesure des

TABLEAU VIII

Valeurs du catabolisme lipidique obtenu
par les mesures du pli cutané et de la densité du corps

sujets	Avant l'épreuve			Aprés 6 jours d' inanition partielle			Poids de réserves lipidiques dégradées
	Poids Kg	Lipides %	Poids Lipides Kg	Poids Kg	Lipides %	Poids Lipides Kg	Kg
1	72,3	9,769	7,063	69,7	9,525	6,639	0,424
2	75,5	8,630	6,546	73,5	8,591	6,314	0,232
3	68,4	8,569	5,861	66,1	8,566	5,662	0,199
4	76	9,119	6,930	73,4	8,913	6,542	0,388
5	67,5	9,594	6,476	65,9	9,395	6,191	0,285
6	74,2	8,115	6,021	71,2	8,161+	5,810	0,211
7	74,5	12,399	9,237	72	12,588+	9,063	0,174
8	55,4	8,692	4,815	53,9	8,605	4,638	0,177
9	70,5	8,414	6,226	66,3	8,400	5,569	0,657
10	78,5	9,856	7,737	75,2	9,467	7,119	0,618
11	71	7,327	5,202	67	7,305	4,894	0,308
12	74,5	8,988	6,696	71,2	8,858	6,307	0,389
13	68,25	8,216	5,607	65,4	8,075	5,281	0,326
14	60,25	8,057	4,854	57,45	7,960	4,573	0,281
15	77,75	11,433	8,889	73,7	10,585	7,801	1,088
16	77,5	9,072	7,031	72,9	8,671	6,321	0,710
17	85	8,342	7,091	80	8,100	6,480	0,611

espaces liquidiens)l'hydratation moyenne du tissu gras ; car c'est un tissu vivant qui est vascularisé, et comporte une trame protéïque contenant également de l'eau interstitielle.

Il semble donc que la formule générale pour le calcul du pourcentage de lipides à partir de la densité du corps, doit être interprété avec prudence ; les coéfficients préconisés dans cette formule paraissent difficilement appliquables à tous les sujets. Dans la mesure où il est possible de le faire, il est préférable de connaitre le volume des espaces hydriques qui seuls permettent de quantifier l'hydratation des tissus. Dans la recherche du fractionnement de la perte de poids, il semble préférable de prendre une autre méthode que celle du pli cutané ; méthode permettant également de dissocier les valeurs dues à la deshydratation globale. L'étude du fractionnement de la perte de poids à partir du bilan azoté déficitaire permet de décomposer : perte due aux réserves protidiques ; pertes dues aux réserves lipidiques ; pertes dues à la chasse du CO_2 métabolique ; et enfin perte due à la deshydratation, (24).

Dans cette premiére expérience d'inanition partielle en ambiance tempérée, nous avons voulu procéder simultanément à titre de comparaison par les deux méthodes. La technique du pli cutané ne nous ayant pas donné satisfaction, nous avons employé dans les expériences qui ont suivi uniquement la méthode du bilan azoté , que nous allons exposer en détail dans ce chapitre.

FRACTIONNEMENT DE LA PERTE DE POIDS

A PARTIR DU BILAN AZOTE

Aprés la période de six jours d'inanition partielle, les sujets accusent tous un déficit pondéral qui est prévisible, mais dont la valeur est plus ou moins importante selon l'ampleur de la carence de l'apport énergétique. Les valeurs de déficit pondéral sont mentionnées sur le Tableau IX . On constate que le deuxiéme groupe (sujets 9 à 17) qui a subi l'inanition partielle la plus sévére, est également celui qui accuse le plus de pertes de poids : 5 % ; cette perte étant de 3 % en moyenne pour le groupe le plus favorisé. Le poids des sujets fut mesuré de nouveau aprés une période de récupération de 6 jours, pendant laquelle l'activité était redevenue normale et l'alimentation abondante et équilibrée. On remarque notamment que la plupart des sujets du premier groupe (1 à 8) présente un gain de poids aprés ces six jours de récupération, alors que le groupe à qui l'on a imposé une plus grande inanition n'a pas encore recouvré son poids initial ; cette différence apparait nettement sur le schema de la figure 3 qui illustre ces variations pondérales. Le gain de poids du premier groupe aprés cette période de récupération est vraisemblablement du à une hydratation. Aprés l'étude du fractionnement de la perte de poids, il apparaitra en effet que certains sujets du premier groupe se retrouvent en fin d'épreuve avec des valeurs d'hydratation. Quant au deuxiéme groupe, pour lequel le catabolisme protidique et lipidique a été plus sévére, les six jours de récupération ne sont pas suffisants pour lui permettre de reconstituer les réserves lipidiques dégradées, et de réparer le catabolisme effectué sur les masses tissulaires maigres. Ces constatations sont en accord avec les travaux de LEMAIRE et Coll (56) qui ont observé les variations pondérales pendant les jours qui suivirent une période d'inanition partielle et de privation totale d'apport hydrique.

TABLEAU IX

Pertes de poids et récupérations

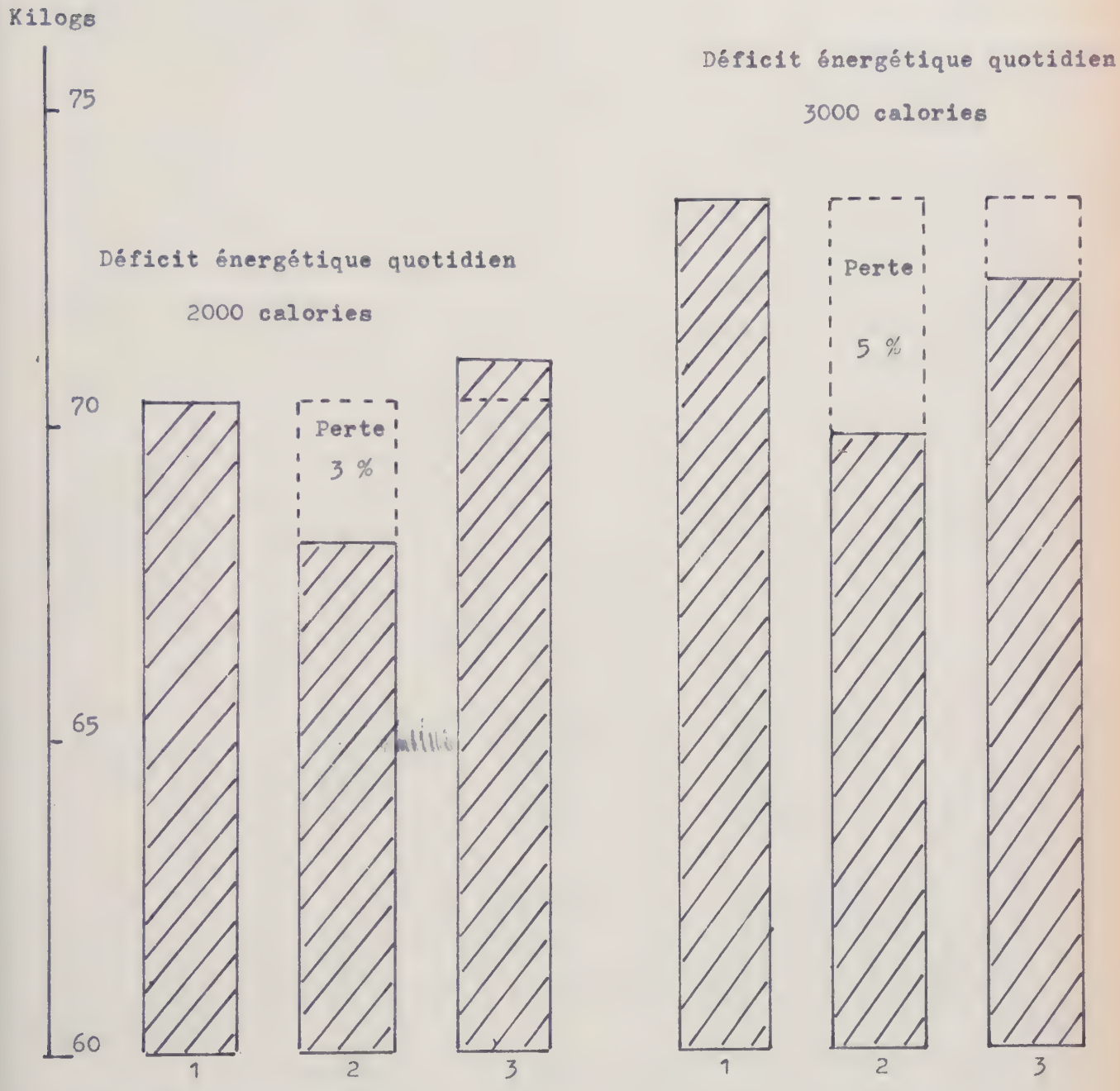
sujet	poids avant Kg	poids aprés Kg	perte de poids Kg	poids aprés 6 jours de récupération Kg	écart avec poids initial Kg
1	72,3	69,7	2,6	72,5	+ 0,2
2	75,5	73,5	2	75,2	- 0,3
3	68,4	66,1	2,3	69,1	+ 0,5
4	76	73,4	2,6	78,5	+ 2,5
5	67,5	65,9	1,6	68,6	+ 1,1
6	74,2	71,2	3	74	- 0,2
7	74,5	72	2,5	74,1	- 0,4
8	55,4	53,9	1,5	56	+ 0,5
	pourcentage moyen de perte de poids : 3,2 %				
9	70,5	66,3	4,2	69,1	- 1,4
10	78,5	75,2	3,3	77,4	- 1,1
11	71	67	4	71,6	+ 0,6
12	74,5	71,2	3,3	74,6	- 2,4
13	68,2	65,4	2,8	65,8	- 1,5
14	60,2	57,4	2,8	58,7	- 1,5
15	77,7	73,2	4	76,6	- 1,1
16	77,5	72,9	4,6	74,7	- 2,8
17	85	80	5	82,7	- 2,3
	pourcentage moyen de la perte de poids : 5 %				

Fig 3

PERTES DE POIDS CONSECUTIVES

A 6 JOURS DE REGIME CARENCE. (moyenne sur 17 sujets)

(environnement tempéré)



1 = Poids initial
2 = " en fin d'épreuve
3 = " aprés 6 jours de récupération

DEPENSE ENERGETIQUE QUOTIDIENNE

Afin de déterminer pour chaque sujet la dépense énergétique quotidienne moyenne correspondant aux conditions de l'épreuve, nous avons au préalable observé pendant plusieurs jours le poids des sujets alors qu'ils avaient une activité normale , et qu'ils recevaient d'autre part des apports énergétiques connus par un contrôle diététique rigoureux. Ce contrôle nécessite à chaque repas la pesée des aliments offerts au sujet ; le poids des aliments ingérés est obtenu par différence avec les restes pesés dans l'assiette aprés le repas. Pendant cette période d'observation préalable, les selles et les urines font l'objet du dosage de l'azote total. Connaissant les valeurs des ingesta et des excreta d'azote pour 24 heures, on en établit le bilan. Il est ainsi possible de déterminer pour chaque sujet la dépense énergétique.

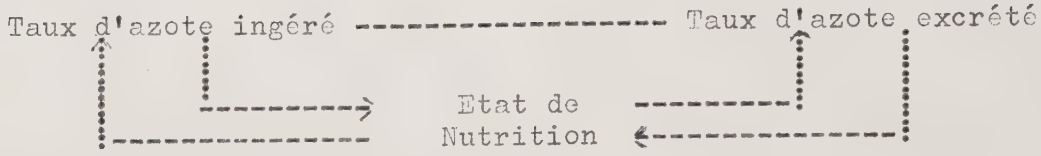
On peut écrire schématiquement :

Dépense énergétique	=	calories apportées par les aliments	+	équivalent calorique de lipides perdus ou gagnés	+	équivalent calorique de protides perdus ou gagnés

Pour que la dépense énergétique égale uniquement les calories apportées par les aliments, il faut que le sujet ne perde ni ne gagne de calories par la dégradation des réserves lipidiques ou protidiques.

Afin de connaitre la dépense de fond en activité normale, nous avons pris pour chaque sujet la dépense énergétique correspondant à un nychtémére aprés lequel le poids du sujet s'est maintenu stable et le bilan de l'azote sensiblement équilibré. Sans doute comme l'ont montré JACQUOT et VIGNERON (42), l'organisme ne constitue pas un facteur de référence invariable ; et un équilibre du bilan pendant de courtes périodes peut être observé avec des taux d'azote qui n'assurent pas un maintien normal de l'état général. D'autre part les travaux de TREMOLIERES et JACQUOT (83)(90) ont mis en évidence que le bilan des apports et des pertes d'azote devait être

relié à l'état général de nutrition selon un systéme à trois dimensions :



On doit considérer cependant que nous avons expérimenté sur des hommes jeunes, normaux et en bonne santé, dont l'état général de nutrition était satisfaisant avant la carence énergétique qui leur fut imposé.

Pour tenter maintenant une évaluation de la dépense énergétique que subirent les sujets pendant la période d'épreuve, il convient de rechercher la valeur de la dépense supplémentaire afférente à la charge de travail qui leur était imposée. Le travail musculaire accroit notablement la dépense d'énergie. Les mesures calorimétriques directes ou indirectes pratiquées par ATWATER (10), LEFEVRE (51) et ZUNTZ (98), ont donné les valeurs de cette augmentation. ATWATER (9) a trouvé chez un sujet faisant un travail intense, une dépense énergétique de 9314 Kilogcalories en 24 heures dont 7514 dues au travail. D'aprés ZUNTZ (98), pour un homme de 70 kilogs, une marche de 3600 métres en terrain horizontal occasionne une dépense d'énergie supplémentaire de 144 Kilogcalories par heure qui s'ajoute à la dépense de fond; un sujet accomplissant une marche de 4800 métres en terrain plat et portant 25 kilogs a une dépense supplémentaire de 285 KiolgCalories par heure.

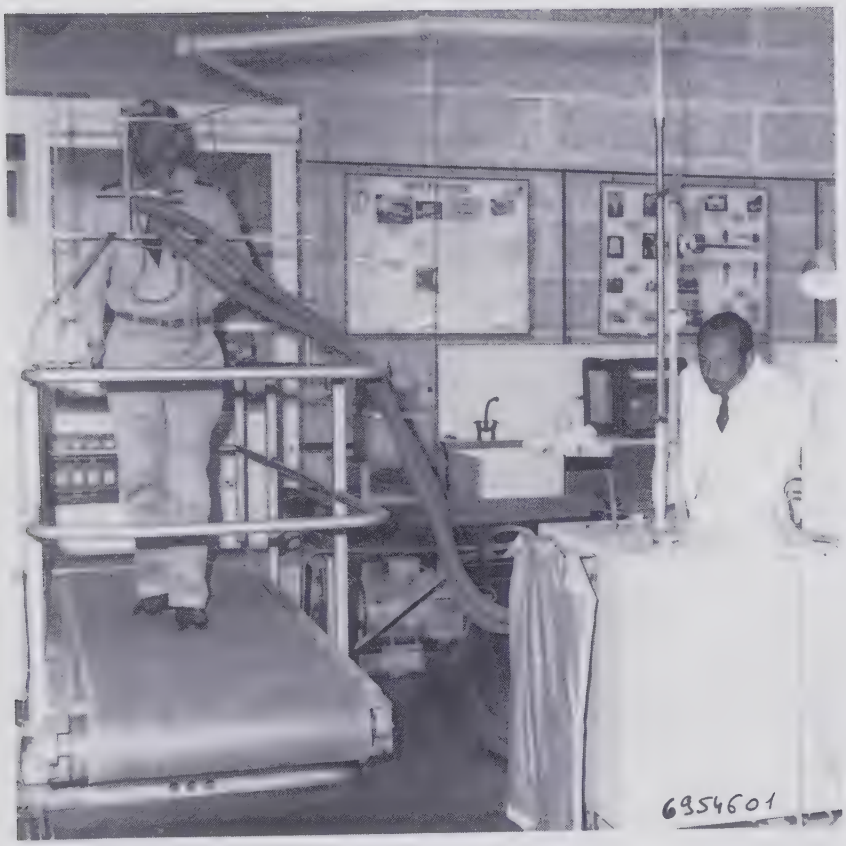
RECHERCHE DE LA DEPENSE ENERGETIQUE A LA MARCHE

Sur des sujets de poids différents, nous avons tenté de rechercher au laboratoire la dépense énergétique occasionnée par une marche à la vitesse de 5 Km/heure. Les sujets marchent sur un tapis roulant en position horizontale ; afin d'augmenter l'intensité du travail, il est possible de donner une inclinaison au tapis roulant selon un angle plus ou moins accentué. Un masque placé sur la figure

Fig 4

MESURE DE LA DEPENSE ENERGETIQUE

A LA MARCHE



des sujets permet le recueuil des gaz respiratoires qui sont analysés dans un métabograph de FLEISH (voir Fig. 4). Cet appareil analyse et enregistre en continu les valeurs du débit ventilatoire de consommation d'oxygéne et de production de CO_2 ; on obtient ainsi la valeur du quotient respiratoire $\frac{CO_2}{O_2}$. Sur divers échantillons de sujets, nous avons ainsi obtenu les valeurs de dépense énergétique suivantes pour une marche de 5 Km à l'heure :

Poids des sujets Kg	Dépense énergétique en Kcal/heure	
	marche 5 km/H en plateau	marche 5 km/H sur pente 10%
de 60 à 64	281	417
de 65 à 69	286	494
70 et plus	322	564

Pendant la période d'épreuve, les sujets ont accompli une marche quotidienne d'une durée de 3 heures à une vitesse de 5 km/heure. La dépense énergétique pendant cette marche peut sensiblement être comparée à la dépense mesurée lors d'une marche à la même vitesse sur tapis roulant. Nous avons tenté de calculer pour chaque sujet la dépense énergétique d'une journée de la période d'épreuve, en ajoutant à la valeur quotidienne en activité normale, le surcroit de calories dépensées pendant la marche de 3 heures.

Par exemple le sujet n° 1 dont le poids est supérieur à 70 kilogs, a une dépense énergétique quotidienne de 3589 Kilogcal. en activité normale, soit 149 Kilogcal/heure ; le travail de marche lui occasionne une dépense supplémentaire de 322 - 149 = 173 Kcal/H, soit pour 3 heures de marche : 173 x 3 = 519 Kilogcalories.

La dépense énergétique quotidienne du sujet n° 1 pour une journée de la période d'inanition partielle peut alors se chiffrer :

3589 + 519 = 4108 Kilogcalories

Le Tableau X donne les valeurs propres à chaque sujet expérimenté : dépense en activité normale (quotidienne et par heure);

TABLEAU X

Dépense et déficit énergétique
pour une journée d'épreuve

sujet	Dépense en activité normale		Surcroit de Dépense due à la marche		Période d'épreuve		
	Kcal par jour a	Kcal par heure	Kcal par heure	Kcal pour 3 heures b	Dépense quotidienne Kcal (a + b)	Apport quotid. Kcal	Déficit énergétiqu quotid. Kcal
1	3589	149	173	519	4108	2056	2052
2	3873	161	161	483	4356	"	2300
3	3706	154	132	396	4102	"	2046
4	3422	142	180	440	3862	"	1806
5	3437	143	143	429	3866	"	1810
6	3311	137	185	555	3866	"	1810
7	3555	148	174	522	4077	"	2021
8	3654	152	129	387	4041	"	1985
					Déficit énergétique moyen :		1978
9	3518	146	176	528	4046	1028	3018
10	3118	129	193	579	3697	"	2669
11	3420	142	180	540	3960	"	2932
12	3577	149	173	519	4096	"	3068
13	3567	148	138	414	3981	"	2953
14	3557	148	133	399	3956	"	2928
15	3621	150	172	516	4137	"	3109
16	3549	147	175	525	4074	"	3046
17	3729	155	167	501	4230	"	3202
					Déficit énergétique moyen :		2991

surcroit de dépense due à la marche à 5 Km/heure en plateau (par heure et pour 3 heures ; la dépense énergétique quotidienne pour une journée d'épreuve et l'apport calorique de la ration ; enfin la différence de ces deux derniéres valeurs qui représente le déficit énergétique, lequel nous servira de référence pour la recherche du fractionnement de la perte de poids que nous tenterons d'établir dans les pages qui vont suivre.

Connaissant le déficit énergétique quotidien, on peut calculer le déficit total pour les six jours de l'épreuve ; on a ainsi la quantité de calories ayant du être apportée par les réserves de l'organisme.

Protéïdes tissulaires dégradés et apport énergétique correspondant

A partir de la valeur du déficit du bilan azoté, et sachant que chaque gramme d'azote correspond à 6,25 grammes de protides, on obtient le poids de protéïdes tissulaires dégradés. Pour avoir l'apport d'énergie correspondant, nous nous sommes basés sur la chaleur de combustion dans l'organisme par gramme de protide ; d'aprés ATWATER (7) cette valeur est voisine de 4 Kilogcalories. Ainsi le poids de protides dégradés multiplié par le coéfficient 4, donne l'apport énergétique correspondant.

Lipides catabolisés ; apport d'énergie et équivalence en poids

En ne tenant pas compte de la dégradation des glucides dans l'organisme (qui est négligeable), on peut considérer que la différence entre le déficit énergétique total et l'apport de calories du aux protides dégradés, représente la valeur des calories fournies par le catabolisme des réserves de lipides dans l'organisme. Pour avoir le poids correspondant, on utilise le coefficient d'ATWATER : 9 kilogcalories pour 1 gramme de lipide.

A partir du déficit énergétique total ainsi que du déficit du bilan azoté, le Tableau XI donne pour chaque sujet les poids de protéïdes tissulaires et de lipides catabolisés dans l'organisme, pour compenser la carence de l'apport énergétique.

TABLEAU XI

Protéïdes et Lipides catabolisés

au cours de la période de régime carencé.

sujet	a déficit énergétique total Kcal	b Bilan Azoté déficit grammes	PROTEIDES c dégradés grammes b x 6,25	PROTEIDES d Kcal apportées c x 4	LIPIDES e Kcal apportées a - d	LIPIDES dégradés grammes e : 9
1	12 312	- 7,14	45	180	12 132	1348
2	13 800	- 26,76	167	668	13 132	1459
3	12 267	- 3,52	22	88	12 179	1353
4	10 836	- 25,72	160	640	10 196	1132
5	10 860	(+ 5,60)	0	0	10 860	1206
6	10 860	- 20,26	127	508	10 352	1150
7	12 126	- 19,82	124	496	11 630	1292
8	11 910	- 5,39	34	136	11 774	1308
9	18 108	- 29,90	187	748	17 360	1928
10	16 014	- 22,15	138	552	15 462	1718
11	17 592	- 28,91	181	724	16 868	1874
12	18 408	- 24,81	155	620	17 788	1976
13	17 718	- 23,03	143	572	17 146	1905
14	17 568	- 14,87	92	368	17 200	1911
15	18 654	- 30,46	190	760	17 894	1988
16	18 276	- 21,23	133	532	17 744	1971
17	19 212	- 50,98	319	1276	18 036	2004

Il apparait que le sujet N° 5 a un bilan azoté qui est légérement positif ; les Kilogcalories déficitaires sont alors prélevées uniquement sur les réserves de lipides.

PERTE DE POIDS AFFERENTE AU CO_2 METABOLIQUE

La fraction de la perte de poids due au CO_2 provenant des oxydations internes et libéré par voie pulmonaire, est la différence entre le poids d'oxygène utilisé pour ces combustions énergétiques et le poids d'anhydride carbonique rejeté. Il y a donc lieu de calculer ces deux valeurs, à partir de la combustion dans l'organisme des trois catégories d'aliments organiques : protéïdes, lipides et glucides dont nous connaissons les apports quotidiens. Il faudra de surcroit prendre en compte les quantités d'oxygène consommé et de CO_2 rejeté, afférentes à la combustion des réserves protidiques et lipidiques dans l'organisme ; réserves catabolisées pour compenser la carence des apports énergétiques.

Depuis MAGNUS-LEVY (64) on admet les valeurs suivantes :

pour 1 gramme	Volume de O_2 consommé Litre	Volume de CO_2 produit Litre	Quotient respiratoire CO_2 / O_2
Protide	0,9661	0,7817	0,809
Lipide	2,0192	1,4273	0,707
Glucide	0,8288	0,8288	1

Perte de poids par CO_2 aprés combustion des apports alimentaires

Le groupe des sujets 9 à 17 a reçu un apport quotidien de : 27 grammes de protides, 39 grammes de lipides, 142 grammes de glucides ; et le groupe des sujets N° 1 à 8 a reçu le double de ces quantités. Pour les sujets 9 à 17, les valeurs quotidiennes de consommation de O_2 et de production de CO_2, consécutives à la combustion des aliments sont :

	OXYGENE CONSOMME		CO_2 REJETE	
	VO_2 Litres	poids grammes $\frac{VO_2 \times 32}{22,4}$	VCO_2 Litres	poids grammes $\frac{VCO_2 \times 44}{22,4}$
rotides	0,9661 x 27 = 26	37	0,7817 x 27 = 21	41
ipides	2,0192 x 39 = 78	111	1,4273 x 39 = 55	108
lucides	0,8288 x 142 = 117	167	0,8288 x 142= 117	229
	Total :	315		378

La perte quotidienne par CO_2 résultant des combustions des apports alimentaires est : 378 - 315 = 63 grammes ; soit pour les six jours de l'épreuve : 63 x 6 = 378 grammes.

Les sujets 1 à 8 ont reçu le double des apports ; en conséquence la perte due à CO_2 pour la durée de l'épreuve est proportionnelle, soit : 378 x 2 = 756 grammes.

Perte de poids par CO_2 (ou gain de poids par O_2) aprés combustion des réserves protidiques et lipidiques de l'organisme

Il convient en effet de prendre en considération la combustion des réserves de tissus protéiques ou lipidiques dégradés dans l'organisme pour compenser le déficit énergétique occasionné pa la carence de l'apport alimentaire. Nous avons vu d'aprés le QR en volume et le calcul en poids, que la balance : oxygéne absorbé et CO_2 rejeté est différente selon que les combustions dans l'organisme s'accomplissent sur des protides ou sur des lipides. Alors que la combustion des protides entraine une perte de poids métabolique due à CO_2 , la combustion des lipides se solde au contraire par un gain de poids du à un excedent d'oxygéne absorbé par rapport au CO_2 rejeté. Il conviendra de tenir compte de ce gain de poids d'oxygéne dans le calcul final du bilan pondéral.

A partir des valeurs de protéides tissulaires et de lipides catabolisés au cours de la période d'inanition partielle (Tableau XI nous avons calculé pour chaque sujet les consommations d'oxygéne et

TABLEAU XII

Pertes de poids dues à la production de CO_2

par combustion des protéïdes tissulaires

sujet	Protéïdes dégradés grammes	OXYGENE ABSORBE		CO_2 REJETE		BILAN perte de poids due à CO_2 grammes (d - b)
		a litres	b grammes $\frac{a \times 32}{22,4}$	c litres	d grammes $\frac{c \times 44}{22,4}$	
1	45	43	61	35	68	7
2	167	161	229	135	265	36
3	22	21	29	16	31	2
4	160	154	219	125	245	26
5	(+ 35)	0	0	0	0	0
6	127	122	174	99	194	20
7	124	119	169	96	188	19
8	34	32	45	26	51	6
9	187	180	257	146	286	29
10	138	133	189	107	210	21
11	181	174	248	141	276	28
12	155	149	212	121	237	25
13	143	138	197	11	218	21
14	92	88	125	71	139	14
15	190	183	261	148	290	29
16	133	128	182	103	202	20
17	319	308	439	249	489	50

TABLEAU XIII

Gains de poids dus à l'absorption d'oxygéne

pour combustion des réserves lipidiques

sujet	Lipides dégradés grammes	OXYGENE ABSORBE		CO_2 REJETE		BILAN Gain de poi du à O_2 grammes
		a litres	b grammes $\frac{32 \times a}{22,4}$	c litres	d grammes $\frac{44 \times c}{22,4}$	b - d
1	1348	2721	3886	1924	3779	107
2	1459	2946	4208	2082	4089	119
3	1353	2731	3901	1931	3792	109
4	1132	2285	3264	1615	3172	92
5	1206	2435	3478	1721	3380	98
6	1150	2322	3316	1641	3223	93
7	1292	2608	3725	1844	3621	104
8	1308	2641	3772	1866	3665	107
9	1928	3893	5561	2751	5403	158
10	1718	3468	4954	2452	4815	149
11	1874	3783	5404	2674	5252	152
12	1976	3989	5698	2820	5539	159
13	1905	3846	5494	2733	5368	126
14	1911	3858	5511	2727	5356	155
15	1988	4014	5733	2837	5572	161
16	1971	3979	5684	2813	5525	159
17	2004	4046	5779	2860	5617	162

la production de CO_2 relatives à ces combustions dans l'organisme. Les Tableaux XII et XIII donnent respectivement ces valeurs, d'une part pour les protéides tissulaires, d'autre part pour les réserves lipidiques.

Les sujets 9 à 17 qui ont eu l'apport énergétique le plus déficitaire, ont été soumis à un catabolisme des réserves lipidiques plus important que les sujets 1 à 8. Cette combustion accrue de lipides dans l'organisme s'est accomplie avec une absorption d'oxygéne également plus grande ; aussi les gains de poids oxygéne sont ils supérieurs à ceux des sujets de l'autre groupe.

Il nous est alors possible de dresser maintenant le bilan total de la perte de poids due au rejet de CO_2, en tenant compte du poids d'oxygéne absorbé par l'organisme pour effectuer les combustions. Le Tableau XIV donne la balance des pertes et des gains métaboliques de CO_2 et O_2 , relatifs à la combustion dans l'organisme : d'une part des aliments de la ration, d'autre part des réserves dégradées.

Nous avons désormais toutes les valeurs qui nous permettent de résoudre l'équation de la perte de poids :

$$\text{Perte de poids} = \text{Protéïdes dégradés} + \text{Lipides dégradés} + \text{CO}_2 \text{ métabolique} + \text{Deshydratation}$$

Connaissant les protides et les lipides dégradés ainsi que la perte métabolique de CO_2 , on peut par différence de la somme de ces trois valeurs avec la perte de poids globale, quantifier la deshydratation.

Le Tableau XV mentionne pour chaque sujet le fractionnement de la perte de poids qui intervient aprés six jours d'inanition partielle. Pendant la période de régime carencé, le groupe des sujets 1 à 8 a un déficit énergétique quotidien qui a une valeur moyenne de 1978 Kilogcalories ; alors que le déficit moyen de l'autre groupe est 2991 Kilogcalories par jour.

Le catabolisme des tissus protéïques est plus important pour ce dernier groupe ; sa valeur représente 4.4 % de la perte de poids, alors que pour le groupe le plus favorisé il est de 4 %.

TABLEAU XIV

Bilan total de la perte de poids dus au rejet de CO_2

pendant la période d'épreuve

sujet	Perte de CO_2 par combustion des aliments grammes a	Perte de CO_2 par combustion des protéides tissulaires grammes b	Gain de poids O_2 par combustion des réserves lipidiques grammes c	Bilan total Perte métabolique de CO_2 grammes (a + b - c)
1	756	7	107	655
2	"	36	119	673
3	"	2	109	649
4	"	26	92	690
5	"	0	98	658
6	"	20	93	683
7	"	19	104	671
8	"	6	107	655
9	378	29	158	249
10	"	21	149	250
11	"	28	152	254
12	"	25	159	244
13	"	21	126	273
14	"	14	155	237
15	"	29	161	246
16	"	20	159	248
17	"	50	162	266

TABLEAU XV

Fractionnement de la perte de poids

aprés six jours d'inanition partielle.

(en grammes)

et	Perte de poids	protides tissulaires dégradés	réserves lipidiques dégradés	perte par CO_2 métabolique	Deshydratation		Hydratation
					grammes	% de perte de poids	
1	2600	45	1348	655	552	21,2	
2	2000	167	1459	673			299
3	2300	22	1353	649	276	12	
4	2600	160	1132	690	618	23,7	
5	1600	0	1206	658			264
6	3000	127	1150	683	1040	34,6	
7	2500	124	1292	671	413	16,5	
8	1500	34	1308	655			497
Moyenne pour cent de perte de poids		4 %	48,5 %			21,6 %	
9	4200	187	1928	249	1836	43,7	
10	3300	138	1718	250	1194	36,1	
11	4000	181	1874	254	1691	42,2	
12	3300	155	1976	244	925	28	
13	2800	143	1905	273	479	17	
14	2800	92	1911	237	560	20	
15	4000	190	1988	246	1576	39,4	
16	4600	133	1971	248	2248	48,8	
17	5000	319	2004	266	2411	48,2	
Moyenne pour cent de la perte de poids		4,4 %	53,3 %			35,9 %	

La dégradation des réserves lipidiques est importante pour les deux groupes. Les sujets 9 à 17, qui ont subi les restrictions les plus sévéres avec un déficit énergétique quotidien de 2991 Kiolgcal, ont perdu leurs réserves de graisse dans une proportion de 53,3 % de la perte de poids. Pour interpréter les valeurs du catabolisme lipidique du groupe le moins carencé en apports énergétiques, il convient de ne prendre en considération que les sujets 1 , 3 , 4 , 6 et 7 . Il apparait en effet que trois sujets (3 , 5 et 8) se retrouvent en fin d'épreuve avec un gain de poids du à l'hydratation. D'ailleurs parmi ces trois sujets il en est un (le N° 5)qui avait également un bilan azoté positif ; c'est à dire qu'il devrait théoriquement avoir stocké des protides au cours de l'épreuve. Cette hypothése semble être étayée par les travaux de TREMOLIERES (86) qui a étudié le besoin protéïque d'agression par la méthode des bilans. Dans des conditions déterminées, cet auteur a pu observer un stockage des amino-acides dans certains tissus ; ceci pourrait expliquer certaines différences observées quelquefois dans les variations de poids et les données du bilan. En ne considérant que les 5 sujets cités plus haut, la valeur de dégradation des réserves de graisse représente en moyenne 48,5 % de la perte de poids.

La perte de poids afférente au CO_2 métabolique a déjà été commentée ; si les valeurs sont moins importantes pour le groupe le plus carencé en apports, c'est parceque son catabolisme lipidique a été plus sévére. Nous avons vu en effet que la combustion des lipides se solde par un gain de poids par l'oxygéne absorbé.

L'ampleur de la deshydratation est différente pour les deux groupes. Les sujets 1 , 3 , 5 , 6 , et 7 ont subi une deshydratation dont la valeur représente en moyenne 21,6 % de la perte de poids. Comme nous l'avons déjà souligné, il semblerait que trois sujets de ce même groupe se retrouvent en fin d'épreuve avec une légére hydratation. Le groupe le plus carencé en apports énergétiques , et qui a catabolisé davantage ses réserves protidiques et lipidiques, subit également une deshydratation plus importante représentant en moyenne 35,9 % de la perte de poids.

Il apparait que l'écart des catabolismes entre les deux groupes est moins important que l'écart des valeurs de deshydratation

En environnement tempéré, l'inanition partielle de courte durée provoque une deshydratation qui est d'autant plus importante que le régime est plus sévére ; alors que les catabolismes protidiques et lipidiques ne suivent pas la même progression. Il semble bien que la réduction des apports entraine une adaptation des dépenses. Cette constatation est en accord avec les travaux de APFELBAUM et BOTSARRON (6)(7)(8) ; ces auteurs ont observé au cours de jeûnes de trois semaines que la dépense basale diminuait de 18,6 % de la valeur initiale. Cette diminution est due , d'une part à la destruction de la masse métaboliquement active et responsable de la dépense basale , d'autre part à une économie de fonctionnement, soit une diminution du coût d'entretien de masse cellulaire.

Les expériences de KEYS (44) sur des sujets jeunes , en bon état physiologique, et conservant une activité alors qu'ils recevaient un apport calorique déficitaire de moitié, eurent pour effet de réduire les dépenses extra-basales. En 1919 BENEDICT (12) avait déjà mis en évidence sur douze sujets, que trois semaines de régime à 1300 Kilogcalories par jour provoquent une chute de poids de 5,6 % et une diminution de 18 % de la consommation basale d'oxygéne. D' autres auteurs ont étudié les effets des régimes restrictifs expérimentaux : GEYELIN (28) en 1912 , JANSEN (43) en 1917 , LABBE (47) et STEVENIN (77) en 1922 , BOOTHBY (14) en 1931 ; ils ont tous observé que la diminution de l'apport énergétique provoquait une diminution de la dépense de fond : lorsque les apports énergétiques sont déficitaires les dépenses globales diminuent.

Nos expérimentations mettent en évidence que des sujets ayant le même dépense globale, soumis à un régime carencé en apports, mais dont le déficit énergétique est double pour certains, ont une différence de catabolisme des réserves qui n'est pas proportionnelle à la disparité des apports énergétiques. Cette constatation ne peut s'expliquer que par une adaptation des dépenses. Par contre l'inanition partielle provoque une deshydratation de l'organisme qui semble augmenter en fonction de la sévérité du déficit des apports énergétiques. Les travaux de LEMAIRE, PILLE et DUCROS (19)(54)(55)(56) avaient mis en évidence l'importance de la deshydratation sur l'organisme soumi à un apport énergétique déficitaire. En définitive les

dépenses énergétiques s'adaptent et diminuent dans les régimes carencés. Les rescapés des camps de concentration apportent un solide argument en faveur de cette thése ; il est permi de penser en outre que si ces hommes sous-alimentés ont pu survivre, c'est parceque les apports hydriques n'étaient pas rationnés.

COMPARAISON DES DEUX METHODES D'EVALUATION DU CATABOLISME LIPIDIQUE

Le Tableau XVI mentionne les valeurs du catabolisme lipidique obtenues , d'une parten appliquant la méthode de la mesure du pli cutané et calcul de la densité du corps , d'autre part en fractionnant la perte de poids à partir du bilan azoté et du catabolisme protidique.

L'examen de ce Tableau XVI permet de formuler certaines observations. Les valeurs des lipides dégradés obtenues par la méthode du pli cutané , apparaissent nettement plus faibles que celles obtenues à partir du dosage de l'azote total et du bilan azoté. Avec cette derniére méthode, on obtient pour le premier groupe une perte de réserves lipidiques dont la valeur représente en moyenne 48,5 % de la perte de poids des sujets; alors que la méthode du pli cutané donne une correspondance de 11,8 % de cette même perte de poids. Pour le deuxiéme groupe on observe le même écart : 53,3 % et 13,1 % .

Les valeurs de catabolisme lipidique obtenues par la méthode du pli cutané et densité du corps sont trop faibles. Considérons par exemple le déficit énergétique de 18000 Kilogcalories en moyenne à couvrir par le catabolisme des réserves de l'organisme pour un sujet

TABLEAU XVI

Valeurs comparées du catabolisme lipidique

obtenues par la mesure du pli cutané et par le dosage de l'azote total

sujet	Perte de poids grammes	VALEURS DES LIPIDES DEGRADES			
		méthode du pli cutané		par dosage de l'azote total	
		grammes	% de la perte de poids	grammes	% de la perte de poids
1	2600	424	16,3 %	1348	51,8 %
2	2000	232	11,6	1459	
3	2300	199	8,6	1353	58,8
4	2600	388	14,9	1132	43,5
5	1600	285	17,8	1206	
6	3000	211	7	1150	38,3
7	2500	174	6,9	1292	51,6
8	1500	177	11,8	1308	
moyenne	2200	261	11,8 %		48,5 %
9	4200	657	15,6 %	1928	45,9 %
10	3300	618	18,7	1718	52
11	4000	308	7,7	1874	46,8
12	3300	389	11,7	1976	59,8
13	2850	326	11,4	1905	68
14	2800	281	10	1911	68
15	4000	1088	26,8	1988	49
16	4600	710	15,4	1971	42,8
17	5000	611	12,2	2004	48
moyenne	3700	487	13,1 %		53,3 %

du deuxiéme groupe. La méthode du pli cutané nous donne une dégradation moyenne de réserves lipidiques de 487 grammes apportant 4383 Kilogcalories. La différence : 18000 - 4383 , soit 13617 Kiolgcalories devrait être apportée par la dégradation de 3400 grammes de tissu protéïque maigre ; valeur de catabolisme protidique beaucoup trop importante et qu'il n'est pas possible de concevoir. Il est plus raisonnable de se baser sur une valeur obtenue d'une façon rigoureuse à partir du déficit du bilan azoté.

Il semble bien en conséquence que des études complémentaires sont à poursuivre en ce qui concerne l'évaluation de la graisse corporelle à partir des mesures de plis cutanés et de densité du corps. Il convient non seulement de faire un contrôle rigoureux des mesures pratiquées, mais aussi de procéder au préalable à une étude statistique sur les coéfficients de pondération appliqués dans les calculs de la densité du corps et de pourcentage de lipides. D'aprés SEGRESTAA (75), la mesure directe de la masse graisseuse chez l'homme in vivo présente des difficultés, quelles que soient les méthodes employées. Nous pensons que la technique indirecte que nous avons utilisée, et qui est basée sur la valeur du déficit azoté aprés une période d'inanition partielle, donne des résultats satisfaisants.

CHAPITRE III

INCIDENCE DES CONDITIONS THERMIQUES

VARIATIONS OBSERVEES EN AMBIANCE FROIDE

Les variations des conditions thermo-climatiques du milieu extérieur ont une répercussion considérable sur l'organisme humain. SANTENOISE, GRANDPIERRE et VIOLETTE (in POLONOVSKI (73)) ont apporté des connaissances précises en ce qui concerne l'action biochimique des climats. Parmi les nombreux facteurs météorologiques qui constituent un climat, la température et l'hygrométrie de l'ambiance conditionnent les mécanismes physiologiques de thermolyse ou de thermogénèse, destinés à maintenir l'homéothermie. Ces fonctions de régulation thermique ont un retentissement sur les dépenses de fonctionnement. L'abaissement de la température du milieu extérieur provoque une augmentation notable de la thermogénèse, qui ne peut s'accomplir que par une production calorique importante. De même une augmentation de la chaleur ambiante a pour effet de mettre en oeuvre les processus de thermolyse. Les travaux de LEFEVRE (51) ainsi que ceux de GIAJA

(39) ont permi de mieux comprendre la fonction de thermorégulation. Les recherches dans ce domaine se poursuivent encore de nos jours, car les mécanismes en sont complexes. Quoi qu'il en soit, le déclenchement initial de ces mécanismes s'accomplit toujours sous l'influence des facteurs climatiques de l'ambiance dans laquelle l'homme est appelé à vivre et à exercer son activité. De nombreuses classifications ont été faites en ce qui concerne les climats. BRUNT de même que RAVEINSTEIN distinguent les climats selon la température : torrides, chauds, frais et froid en tenant compte pour chacun de la valeur de l'humidité. D'autres auteurs comme SUPAN, MARTONE, classent les climats d'une façon plus synthétique : climats chauds, climats de mousson, climats tempérés sans hiver ou avec hiver accentué, climats froids et polaires, climats désertiques ; en tenant compte chaque fois de l'influence de la mer, des fleuves et de l'altitude. KOPPEN dans son " Handbuch der Klimatologie " a tenu compte de la végétation. Toutes ces classifications sont trés valables ; cependant nous pensons avec GRANDPIERRE (30) que pour l'étude des actions biologiques des climats, on peut prendre une division plus générale.

Les expériences que nous avons exposé dans les deux premiers chapitres se sont déroulées dans un climat tempéré de plaine. Nous avons voulu observer l'influence de la mise en oeuvre des mécanismes de thermogénése sur les résultats précédents, en choisissant un environnement de montagne à température moyenne basse (25).

La période d'inanition partielle a duré cinq jours , pendant lesquels douze sujets sont placés à 2000 métres d'altitude dans une région de montagne où la température oscille entre + 3° et - 10° Centigrades. L'apport énergétique quotidien est 2100 Kilogcalories , alors que la dépense énergétique a pu être évaluée sensiblement à 4000 Kilogcalories. Le déficit énergétique est voisin de 1900 Kilogcalories par jour, soit 9500 Kilogcalories pour les cinq jours de la période de régime carencé. Afin d'établir une comparaison avec les résultats obtenus en ambiance tempérée, nous avons effectué les mêmes investigations biochimiques dans le plasma et dans les urines (notamment le dosage de l'azote total) ; il fut en outre effectué certains contrôles hématologiques.

EXPLORATIONS DANS LE SANG

UREMIE

L'urémie reste stable chez la plupart des sujets. Certains accusent une certaine élévation de cette valeur aprés la période d'inanition partielle ; mais cette variation est discréte, et la valeur de l'urémie aprés quatre jours de récupération rejoint la valeur initiale avant l'épreuve.

GLYCEMIE

Sauf un cas, on observe une hypoglycémie chez tous les autres sujets aprés les cinq jours d'alimentation hypocalorique. Le taux moyen de glycémie varie de 0,89 gramme à 0,75 gramme pour 1000.

ELECTROLYTES DU PLASMA

Dans l'ensemble l'ionogramme plasmatique n'a pas subi de modifications notables. Les moyennes pour le groupe des douze sujets sont en milliéquivalents

	Avant l'épreuve	Aprés l'épreuve
Chlore	104,8	104
Sodium	139,3	139,5
Potassium	5	4,8

INDICE DE REFRACTION DU SERUM

La valeur moyenne de l'indice de réfraction du serum avant l'épreuve est 1,3503 ; elle est de 1,3498 à la fin de la période carencée. On observe donc dans l'ensemble une légére baisse de la valeur ; corrélativement on obtient par calcul un certain abaissement du taux des protéïnes plasmatiques. Il semblerait que cette légére modification de la valeur de l'indice de réfraction du serum ne doive pas être considérée comme une variation de l'hydrémie, laquelle a vraisemblablement conservé une relative stabilité, mais plutôt comme étant la conséquence d'un abaissement de la concentration des protéïnes plasmatiques. Cet abaissement

pourrait être consécutif à un apport protidique déficitaire pendant la période d'inanition partielle.

HEMOGRAMME - ERYTHROCYTES

Afin d'observer certains effets classiques de l'altitude où la pression partielle de l'oxygéne est diminuée , nous avons effectué sur chaque sujet avant et aprés l'épreuve, une numération des globules rouges ainsi qu'une formule leucocytaire. Aprés la période de séjour en altitude on remarque certaines modifications de la formule leucocytaire ; notamment chez quelques sujets une augmentation relative du nombre de lymphocytes. Cette constatation a déjà été signalée par plusieurs auteurs qui ont pu l'observer sur des sujets subissant une légére anoxémie prolongée.

On observe d'autre part chez plus de la moitié des sujets une augmentation notable du nombre des globules rouges. Le séjour en altitude , où la pression partielle de l'oxygéne est diminuée, peut déterminer cette polyglobulie (GRANDPIERRE (31)(32)(33)).

Quoi qu'il en soit, l'examen de l'ensemble de ces résultats montre que les constantes du sang n'ont pas subi de modifications notables qui puissent être occasionnées par le régime carencé en apports énergétiques que nous avons imposé aux sujets en expérience; les variations observées n'étant pas dues à l'environnement froid mais à l'altitude.

LES EXCRETIONS URINAIRES

VOLUME DES URINES

La période d'épreuve de cinq jours fut encadrée par deux périodes d'observations ; celle précédant l'épreuve ayant duré trois jours, et celle consécutive à l'épreuve quatre jours. Les sujets pouvant boire à volonté, le volume des urines émises le premier jour de l'épreuve augmente nettement ; ensuite l'on assite à un abaissement du volume de la diurése pendant toute la durée de

l'expérimentation. La moyenne des volumes émis pendant les trois jours d'observation préalable est 1095 millilitres ; elle est de 882 millilitres pendant la période de régime carencé, et remonte à 1184 millilitres pour les quatre jours consécutifs à l'épreuve.

GLYCOSURIE - ALBUMINURIE - ACETONURIE

Il n'est jamais décelé de sucre dans les urines des sujets au cours de la période d'inanition partielle. Par contre huit sujets présentent une albuminurie légére les trois derniers jours de l'épreuve, mais disparaissant dés le premier jour de récupération.

La présence de corps cétoniques dans les urines se manifeste chez presque tous les sujets à partir du deuxiéme jour et jusqu'à la fin de l'épreuve. Il semble cependant que cette acétonurie soit beaucoup plus notable le quatriéme jour de l'épreuve. De même que l'albumine, la présence d'acétone n'est plus décelée dans les urines dés le premier jour de récupération. Les corps cétoniques dans les urines étant l'indice d'une certaine dégradation des réserves lipidiques, nous avons comparé les résultats avec le déficit pondéral des sujets afin de voir s'il existait une certaine corrélation entre cette perte de poids etl'éxcrétion plus ou moinsprononcée de corps cétoniques. Nous n'avons trouvé aucune corrélation : ce ne sont pas les sujets qui perdent le maximum de poids qui ontl'excrétion la plus importante de corps cétoniques pendant l'épreuve. Il apparaitra en effet, aprés l'étude du fractionnement de la perte de poids, que c'est la deshydratation qui tient la plus grande part du déficit pondéral chez certains sujets. On pourra constater par contre que l'ampleur de l'excétion de corps cétoniques est en relation avec l'importance du catabolisme lipidique.

ELIMINATION URINAIRE DE L'UREE

L'élimination urinaire de l'urée est sensiblement diminuée pendant la période où les sujets absorbérent une ration déficitaire en protéïnes. La moyenne d'excétion pendant la période d'observation préalable est 21,8 grammes pour 1000 ; elle est abaissée à 18,6 grammes/1000 pendant la période carencée, et remonte ensuite

à 24 grammes/1000 pendant les jours de récupération consécutifs à la période d'inanition partielle.

LES BILANS ELECTROLYTIQUES

ELIMINATION URINAIRE DU CHLORE - BILAN

Les résultats de l'élimination du chlore dans les urines montrent une diminution de l'excétion pendant la période de régime carencé, où les sujets reçoivent par la ration un apport quotidien de 5,50 grammes. La moyenne d'excétion pendant la période d'observation préalable est 9 grammes par jour ; elle s'abaisse à 5,27 grammes pour une journée d'épreuve.

Depuis SHOL (76), il est admi généralement que 98 % des chlorures sont éliminés par les urines, et seulement 2 % par les selles. L'apport quotidien du chlore étant de 5,50 grammes, il est permi de penser que ces ingesta sont suffisants pour équilibrer les excétions moyennes (5,27 g). On peut supposer en effet que les pertes chlorées par voie sudorale sont négligeables dans les conditions climatiques où s'est déroulée l'expérience.

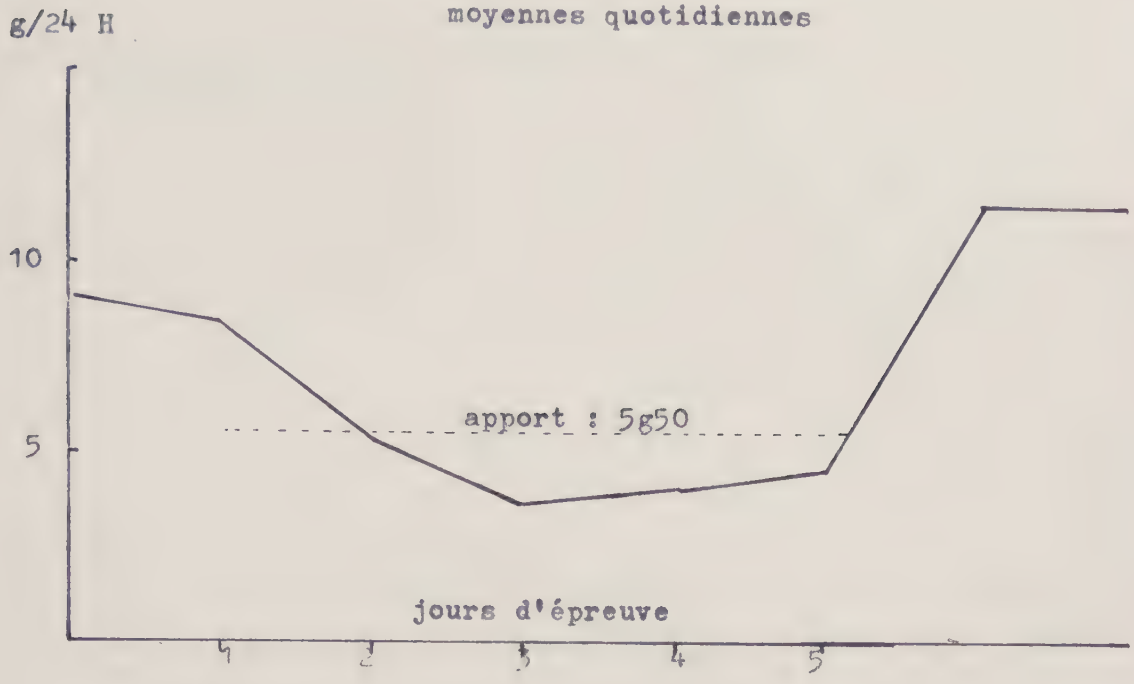
La courbe d'élimination du chlore par les urines (visible sur la figure 5), montre bien l'abaissement de l'excétion chlorée pendant l'épreuve. On voit aussi que cette élimination est fonction des apports. Pendant la période d'observation qui suit la période de restriction, les sujets absorbent davantage de sel et l'on observe une nette augmentation de l'élimination du chlore. L'examen du graphique fait bien apparaitre les efforts de l'organisme pour abaisser l'excétion pendant la période de carence au dessous de la valeur quotidienne de l'apport,qui est illustré par la ligne en pointillé.

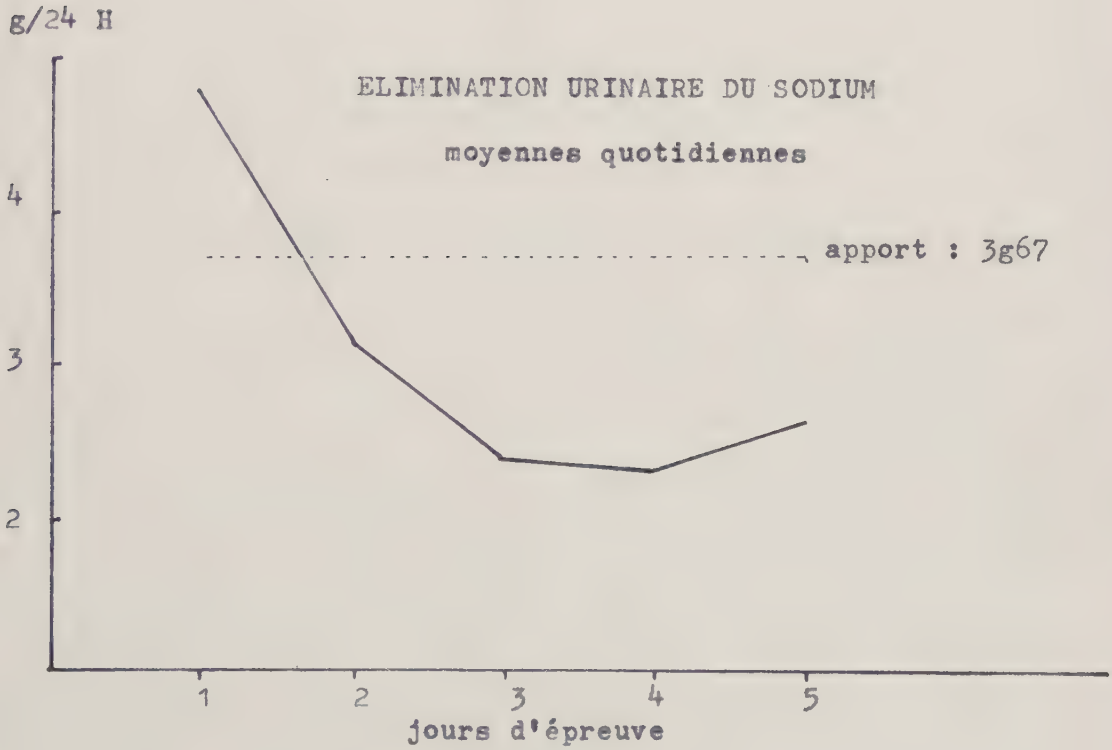
(climat froid d'altitude)

Fig 5

ELIMINATION URINAIRE DU CHLORE

moyennes quotidiennes





ELIMINATION URINAIRE DU SODIUM - BILAN

L'excrétion du sodium hors de l'organisme se fait à peu prés exclusivement par le rein, soit 95 % de l'excrétion totale; les 5 % qui restent étant éliminés par voie fécale, et éventuellement une petite quantité par voie sudorale.. L'apport quotidien de sodium pendant la période carencée est 3,67 grammes ; tous les sujets ont une valeur d'élimination qui est inférieure. Si l'on considére la moyenne quotidienne du groupe, on observe que l'élimination du sodium pendant le premier jour de l'épreuve est 4,84 grammes, et pendant les quatre jours suivants l'excrétion est inférieure à 3,67 g. (voir Fig 5). La moyenne générale d'excrétion pour les cinq jours de l'épreuve est 3,11 grammes. Si nous considérons que ce chiffre représente 95 % de l'excrétion totale, dans l'hypothése où 5 % sont éliminés par les féces, l'excrétion totale pourrait se chiffrer à 3,28 gramme par jour. On remarque que cette valeur est encore inférieure à l'apport quotidien de 3,67 gramme. De même que pour le chlore, les pertes de sodium par voie sudorale sont négligeables dans le cas de cette expérimentation. En définitive on peut considérer que l'apport de sodium est suffisant pour équilibrer les pertes : le bilan parait équilibré.

ELIMINATION URINAIRE DU POTASSIUM - BILAN

L'apport quotidien de potassium par la ration est de 1778 mil ligrammes. De même que pour le sodium, l'excrétion normale de potassium se fait en majeure partie par le rein. Si une infime quantité peut être éliminée par voie sudorale, la part due à l'excrétion urinaire peut etre évaluée à 79 % de l'excrétion totale ; le reste étant éliminé par voie fécale. Examinons pendant l'épreuve la moyenne d' excrétion quotidienne de potassium (en milligrammes) :

1er jour	2e jour	3e jour	4e jour	5e jour
2352	2012	1695	1747	2142

On voit que l'organisme abaisse son excrétion de potassium les trois premiers jours de régime carencé, pour tenter d'éliminer une quantité inférieure aux apports ; ce qui est réalisé les 3e et 4e jour. Cependant la valeur d'élimination remonte, et le 5e jour

elle est supérieure à l'apport de 1778 milligrammes.

D'aprés BERGER (13) la valeur d'excrétion du potassium par les féces représente le 1/5e de la valeur des apports. Pour les 5 jours de l'épreuve, l'apport total est 8,890 grammes ; on peut alors évaluer les pertes de cet electrolyte par voie fécale à 1,77 grammes. Le Tableau XVII dresse un bilan du potassium en tenant compte des fuites par voie rénale ainsi que d'une évaluation des pertes par voie fécale. Quant aux pertes par voie sudorale, elles peuvent être considérées comme négligeables dans les conditions de l'expérience.

TABLEAU XVII

Bilan du Potassium (en grammes)

N° du sujet	Apport total	Excétion urinaire	Evaluation de l'excétion fécale	Bilan
1	8,890	7,433	1,77	- 0,32
2	"	9,800	"	- 2,68
3	"	9,217	"	- 2,10
4	"	8,050	"	- 0,93
5	"	9,296	"	- 2,18
6	"	8,789	"	- 1,67
7	"	9,795	"	- 2,68
8	"	11,364	"	- 4,25
9	"	13,058	"	- 5,94
10	"	11,052	"	- 3,94
11	"	9,314	"	- 2,20
12	"	10,886	"	- 3,77

Le bilan est négatif pour la totalité des sujets, lesquels perdent davantage de potassium qu'ils n'en reçoivent par les apports. Ces résultats peuvent être comparés à ceux du bilan azoté exposés au Tableau XIX . On observe un certain parallélisme dans les variations des valeurs des bilans du potassium et de l'azote. Par exemple, le sujet N° 1 qui a le bilan potassium le plus

prés de l'équilibre, est aussi le seul qui ait un bilan azoté positif.

Dans cette épreuve de régime carencé en ambiance froide, on retrouve une similitude avec les résultats de corrélation des bilans azote et potassium observés en environnement tempéré. Il semble bien dans le cas présent que les pertes de potassium suivent aussi les éliminations de l'azote provenant du catabolisme cellulaire.

RECHERCHE DES CATABOLISMES PROTIDIQUES ET LIPIDIQUES

FRACTIONNEMENT DE LA PERTE DE POIDS

L'étude du fractionnement de la perte de poids a été exposée en détail dans le deuxiéme chapitre. Par la même méthode nous avons pu évaluer la dépense énergétique occasionnée par une journée d'épreuve ; cette dépense quotidienne est voisine de 4000 Kilogcalories. A partir des valeurs négatives du bilan azoté, il est possible d'établir un fractionnement de la perte de poids pour avoir les parts respectives des différents catabolismes. Les tableaux XVIII et XIX donnent d'une part le déficit pondéral, d'autre part les valeurs des catabolismes protidiques et lipidiques en partant du bilan azoté.

TABLEAU XVIII

Variations pondérales

sujet	poids avant l'épreuve kilogrammes	poids aprés l'épreuve kilogrammes	déficit pondéral grammes
1	75,5	73,3	2200
2	76	74	2000
3	67	65	2000
4	67,5	65	2500
5	67,5	65,3	2200
6	68,8	65,5	3300
7	75	73	2000
8	82	80,2	1800
9	73,5	69,5	4000
10	65,2	63,4	1800
11	64,5	62	2500
12	68,9	67,3	2[illegible]00

Nous avons vu que l'apport énergétique quotidien est 2100 Kilogcalories ; pour les cinq jours de l'expérience les sujets disposent de 10500 Kilogcalories qui ne couvrent pas les besoins. En effet la dépense énergétique totale se chiffre à 4000 x 5 = 20000 kilogcal; chaque sujet doit prélever en conséquence les 9500 Kilogcalories déficitaires sur les réserves de l'organisme. Le Tableau XIX établit le bilan azoté ; à partir des valeurs déficitaires de ce bilan on obtient les valeurs respectives des protides et lipides catabolisés pour compenser le déficit énergétique de la ration.

TABLEAU XIX

Bilan azoté, Protides et Lipides catabolisés
(en grammes)

sujet	Apport d'azote	Excrétion d'azote	Bilan de l'azote	Protéïdes catabolisés	Lipides catabolisés
1	43,4	35,6	+ 7,8	0	1055
2	"	54,7	- 11,3	70,6	1024
3	"	55,5	- 12,1	75,6	1022
4	"	53,2	- 9,8	61,2	1028
5	"	55	- 11,6	72,5	1023
6	"	59,6	- 16,2	101,2	1010
7	"	55,1	- 11,7	73,1	1023
8	"	56,3	- 13,9	86,8	1027
9	"	61	- 17,6	110	1026
10	"	49,9	- 6,5	40,6	1037
11	"	53,3	- 9,9	61,8	1028
12	"	56,3	- 12,9	80,6	1018
			moyenne :	69	1024

Nous n'avons pas fait figurer sur ce tableau tous les stades successifs de calcul permettant d'obtenir ces valeurs de catabolismes; car nous les avons déjà exposé dans le deuxiéme chapitre. La valeur du déficit azoté multiplié par le coefficient " 6,25 "

donne le poids de protides dégradés P ; et P x 4 donne les calories apportées. En retranchant cette valeur calorique du déficit énergétique (9500 Kilogcal.), on obtient les calories fournies par le catabolisme des réserves lipidiques. Enfin cette derniére valeur divisée par 9 (coéfficient d'Atwater), donne le poids de lipides catabolisés. Lorsque le bilan azoté est équilibré, les calories déficitaires sont prélevées uniquement sur l'énergie apportée par la dégradation des réserves de lipides ; c'est le cas du sujet N° 1 .

On remarque chez presque tous les sujets la négativité du bilan de l'azote ; seul le sujet 1 a un bilan positif. Il est interessant de comparer le bilan azoté de ce sujet 1 à son bilan du potassium au Tableau XVII : on s'aperçoit que ce bilan est également sensiblement équilibré.

Nous connaissons le poids de protides et de lipides catabolisés pour couvrir le déficit énergétique. Afin de permettre de rechercher la part que tient la deshydratation dans le déficit pondéral, nous devons calculer auparavant la fraction de perte de poids afférente au rejet de CO_2 par voie pulmonaire.

PERTE DE POIDS DUE A CO_2

Lors de l'expérimentation en climat tempéré, nous avons calculé pour chaque sujet expérimenté la perte de CO_2 métabolique. Le Tableau XIV donne les valeurs de cette perte ; et l'on constate que les chiffres sont trés voisins pour les sujets ayant le même apport énergétique. Aussi en ce qui concerne la combustion des réserves de l'organisme, nous avons fait un calcul basé sur la moyenne des réserves catabolisées pour le groupe. Les sujets ont dégradés en moyenne 69 grammes de protides et 1024 grammes de lipides.

La perte de CO_2 due à la combustion des aliments de la ration est constante : 126 grammes par jour , soit pour la durée de l'épreuve : 126 x 5 = - 630 grammes.

Le bilan $O_2 - CO_2$ consécutif à la combustion des réserves protidiques et lipidiques de l'organisme s'établit :

PROTIDES

VO_2 protides : 0,9661 x 69 = 66 litres soit 94 grammes

VCO_2 protides : 0,7817 x 69 = 54 litres soit 106 grammes

La perte de CO_2 par combustion des protides endogénes est :

106 - 94 = - 12 grammes

LIPIDES

VO_2 lipides : 2,0192 x 1024 = 2067 litres soit 2944 grammes

VCO_2 lipides : 1,4273 x 1024 = 1461 " soit 2860 "

Le gain de poids par combustion de lipides endogénes est :

2944 - 2860 = + 84 grammes

Le bilan total : O_2 - CO_2 aprés combustion des réserves de l'organisme se chiffre à :

+ 84 - 12 = + 72 grammes

Enfin le bilan définitif de la perte de poids par CO_2 s'établit :

- 630 + 72 = - 558 grammes

TABLEAU XX

Fractionnement de la perte de poids
(en grammes)

sujet	Perte de poids	Protéïdes catabolisés	Lipides catabolisés	Perte par CO_2	Deshydratation
1	2200	0	1055	558	587
2	2000	70,6	1024	"	347
3	2000	75,6	1022	"	344
4	2500	61,2	1028	"	853
5	2200	72,5	1023	"	547
6	3300	101,2	1010	"	1631
7	2000	73,1	1023	"	346
8	1800	86,8	1017	"	138
9	4000	110	1006	"	2326
10	1800	40,6	1037	"	164
11	2500	61,8	1028	"	852
12	2500	80,6	1018	"	843
Pourcentage de la perte de poids :		3 %	42 %		31 %

A partir du déficit pondéral, ce Tableau XX donne pour chaque sujet la part de perte qui revient aux protides et lipides catabolisés, au CO_2 métabolique et à la deshydratation.

Pour un déficit énergétique quotidien sensiblement identique, les 5 jours d'inanition partielle dans un environnement froid et d'altitude provoquent des catabolismes protidiques et lipidiques légérement plus modérés qu'aprés six jours de régime carencé dans une ambiance tempérée. On doit noter toutefois que cette derniére épreuve est plus longue de un jour ; il semble donc que l'on doive considérer que ces catabolismes sont sensiblement identiques en ambiance tempérée et en ambiance froide. Par contre le pourcentage de la perte de poids concernant la deshydratation est notablement plus élevé en ambiance froide avec une valeur de 31 % au lieu de 21 % lors de l'épreuve d'inanition partielle dans un environnement tempéré. Cette différence pourrait provenir de l'évaporation pulmonaire qui est sensiblement augmentée en altitude. Cette constatation est en accord avec les travaux de GRANDPIERRE, qui a étudié l'adaptation de l'homme au climat d'altitude (32) (33).

CHAPITRE IV

INFLUENCE DES AMBIANCES CHAUDES ET HUMIDES SUR LES BILANS METABOLIQUES

En milieu tempéré de même qu'en climat froid, la protection de l'homéothermie se fait par une production endogéne de calories provenant de la combustion des apports alimentaires ; si la valeur énergétique n'est pas suffisante pour couvrir les besoins métaboliques, les calories déficitaires sont fournies par la combustion des réserves de l'organisme. Pour que s'accomplissent en ambiance chaude les mécanismes de thermolyse, l'organisme doit éliminer une quantité d'eau importante entrainant corrélativement une perte d'eléctrolytes (54) (59)(60). Les apports hydriques n'étant pas rationnés, il est cependant nécessaire de fournir les éléments minéraux indispensables ; les électrolytes principaux étant : chlore^{-} , sodium^{+} , et potassium^{+}. Mais outre la dépense hydrique, l'élévation de la température ambiante peut déterminer l'apparition d'une dépense énergétique supplémentaire, due au fonctionnement des mécanismes de thermolyse :

accélération du rythme cardiaque, vasodilatation périphérique, sudation. Ce surcroit de dépense énergétique peut avoir un retentissement sur l'équilibre des bilans de l'azote et des électrolytes.

Nous avons tenté d'observer les modifications éventuelles de ces bilans métaboliques sur des sujets placés en ambiance chaude et humide. On donne la boisson à volonté mais l'on fournit des apports énergétiques carencés, afin de créer un déficit pondéral provenant en partie de la dégradation des réserves lipidiques. L'expérience se déroule en climat forestier sub-tropical d'Afrique par une température moyenne de + 30°C et 95 % d'humidité relative (22). Aprés deux jours d'observation, les sujets sont soumis à cinq jours d'inanition partielle pendant lesquels ils accomplissent des marches quotidiennes ; ces cinq jours d'épreuve sont suivis d'une période de récupération de trois jours. L'apport énergétique quotidien est 1024 Kilogcalories alors que nous avons évalué la dépense à 2500 Kilogcalories. Cette valeur moyenne comprend d'une part la dépense de fond mesurée pendant la période d'observation, d'autre part le surcroit de dépense dû au travail de marche pendant la période d'épreuve; cette derniére mesure étant faite au laboratoire au moyen de tapis roulant et de l'appareil Metabograph selon la méthode déjà exposée dans le deuxiéme chapitre. Les sujets peuvent boire à volonté mais on note le volume des liquides ingérés. Trois groupes de sujets, se différenciant par leur degré d'adaptation au climat, sont soumis simultanément à cette épreuve d'inanition partielle . D'abord deux sujets autochtones Africains parfaitement adaptés au climat (groupe 1, sujets 1 et 2); ensuite six Européens déjà acclimatés (groupe 2, sujets 3 à 8); enfin dix Européens n'ayant aucune adaptation au climat (groupe 3, sujets 9 à 18).Nous avons tenté d'autre part de mesurer l'excrétion de mucoprotéïnes urinaires sur ces sujets différemment adaptés.

CONSTANTES DU SANG

UREMIE - GLYCEMIE

On ne trouve pas de variations significatives dans les taux d'urée sanguine avant ou aprés l'épreuve. D'autre part on observe chez tous les sujets une hypoglycémie à la fin de l'épreuve. Aprés deux jours de récupération, le taux de glucose sanguin re-

monte à la suite d'une alimentation normale ; les moyennes par groupe des taux de glycémie évoluent de la façon suivante :

	Avant l'épreuve	Aprés 5 jours de régime carencé	Aprés 2 jours d'alimentation normale
groupe 1	0,85	0,71	0,90
groupe 2	0,86	0,76	0,88
groupe 3	0,83	0,77	0,85

HEMATOCRITE - INDICE DE REFRACTION DU SERUM

On constate une élévation de la valeur de l'hématocrite chez la plupart des sujets, de même qu'une augmentation de la valeur de l'indice de réfraction du serum. Il est permi de penser que l'on se trouve en présence d'une certaine deshydratation se traduisant par une légére hémoconcentration.

PRESSION OSMOTIQUE

La mesure de l'abaissement cryoscopique du serum effectuée sur trois sujets, montre une stabilité pour le sujet 1 qui est un Africain parfaitement adapté, mais une baisse pour les sujets 11 et 17 n'ayant aucun pré-acclimatement. Dans ces 2 cas, il apparait une augmentation de la pression osmotique, que nous trouvons effectivement confirmée par la mesure de l'ionogramme. Le Tableau XXI mentionne les variations du Δ corrigé de l'urée pour donner la pression osmotique efficace (40).

TABLEAU XXI

Abaissement cryoscopique du serum

sujet	Avant l'épreuve			Aprés 5 jours d'épreuve		
	Δ brut	Δ corrigé de l'urée	Pression osmotique efficace meq/litre	Δ brut	Δ corrigé de l'urée	Pression osmotique efficace meq/litre
1	-0,550	-0,543	293,22	-0,550	-0,543	293,22
11	-0,550	-0,541	292,14	-0,570	-0,561	302,9
17	-0,560	-0,541	297,54	-0,570	-0,595	321,3

MODIFICATIONS ELECTROLYTIQUES DU PLASMA

CHLORE

Dans l'ensemble on assiste à une augmentation de l'anion Cl^- dans les trois groupes de sujets. La concentration de l'anion chlore augmente d'environ 2 milliéquivalents par litre de plasma à la fin de l'épreuve.

SODIUM

Chez les deux sujets Africains la natrémie ne subit pas de variations. Par contre on observe une élévation de la concentration chez les sujets Européens ; cette augmentation du cation Na^+ étant peut être plussensible chez les sujets non acclimatés (+ 3,1 milliéqivalents) que chez les Européens adaptés (+ 2,6 milliéquivalents).

POTASSIUM

La valeur de concentration du cation K^+ parait diminuer dans l'ensemble chez les sujets Européens aprés la période d'inanition partielle.

PROTEINES PLASMATIQUES

Le taux de protéïnes plasmatiques est calculé d'aprés la valeur de l'indice de réfraction du serum. Cette valeur des protéïnes peut être exprimée en milliéquivalents en multipliant la concentration P % par le facteur 2,43. Les protéïnes plasmatiques sont en effet responsables pour une certaine part de la pression osmotique du plasma ; et il est interessant d'en noter les variations en milliéquivalents. Exprimée en milliéquivalents, voici l'évolution moyenne des protéïnes plasmatiques :

	Avant l'épreuve	Aprés l'épreuve	Aprés 2 jours de récupération
Africains	20,5	21,2	20,6
Européens adaptés	18	20,4	18,6
" non adaptés	19,4	20,6	19,7

Cette valeur augmente chez tous les sujets aprés l'épreuve, mais d'une façon plus sensible pour les Africains.

IONOGRAMME

Nous pouvons établir un exemple d'ionogramme pour le sujet N° 11 du groupe des Européens non adaptés, et pour lequel nous avons la variation de la pression osmotique efficace du plasma, obtenue à

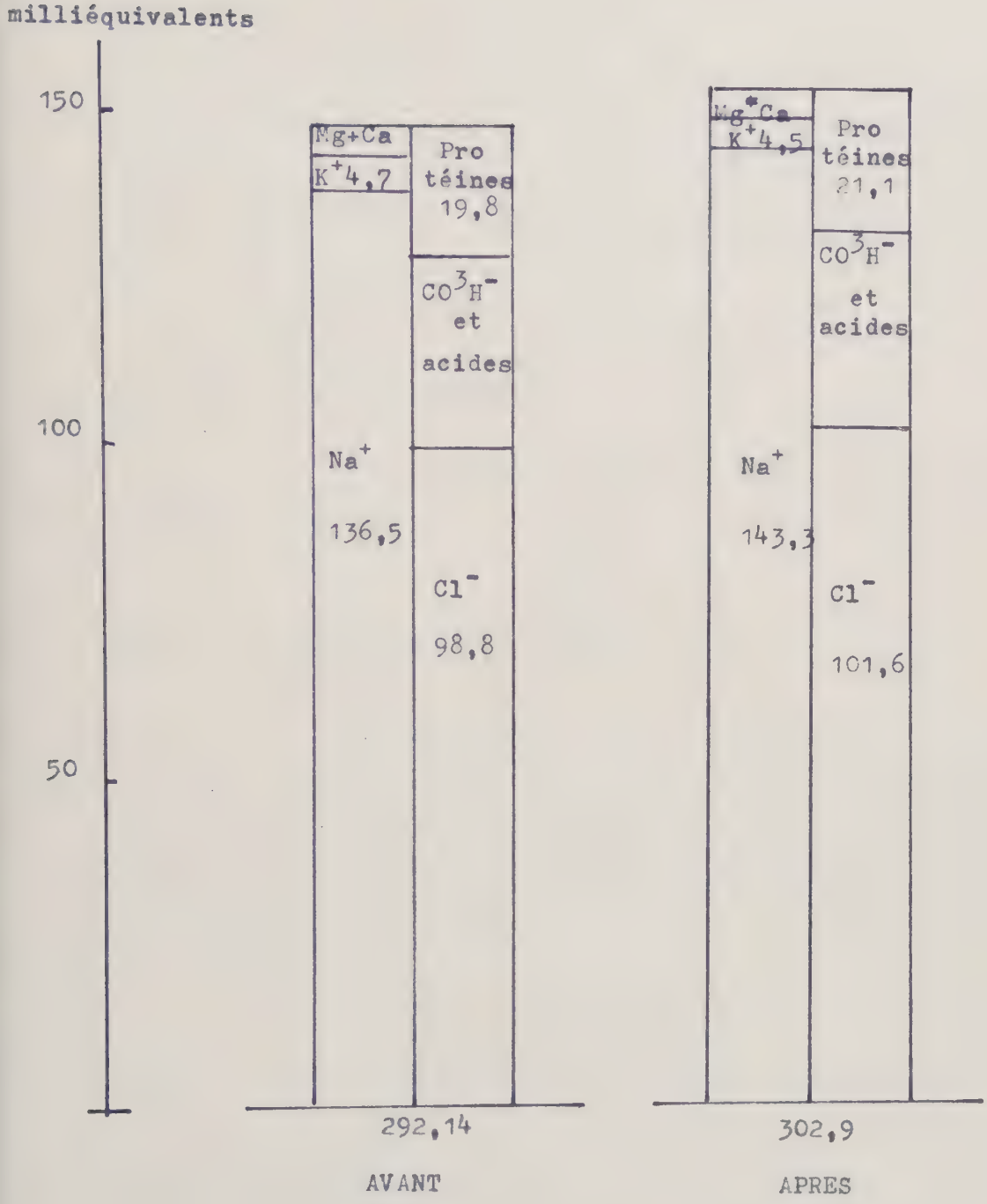
Fig 6

(ambiance chaude et humide)

MODIFICATIONS ELECTROLYTIQUES DU PLASMA

APRES 5 JOURS D'EPREUVE

(sujet N° 11)



partir de l'abaissement cryoscopique du serum corrigé de la pression osmotique due à l'urée (HAMBURGER (40)).

Cette mesure fait apparaitre que la pression osmotique de 292,14 meq avant l'épreuve s'éléve à 302,9 meq aprés cinq jours d'expérience. Comme nous avons les valeurs respectives des anions Cl^- et protéïnes$^-$ ainsi que des cations Na^+ et K^+ , nous disposons dans l'ionogramme des valeurs les plus représentatives de la pression osmotique. En réservant dans la colonne des anions la place pour l'anion CO_3H^- et les acides indosés, il nous est possible d'illustrer par un schema la structure électrolytique du plasma avant et aprés la période de régime carencé (voir Figure 6).

Les différentes valeurs de l'ionogramme du sujet N° 11 peuvent s'établir en milliéquivalents :

		Avant l'épreuve	Aprés l'épreuve	Variations
Cations	Na^+	136,5 meq	143,3 meq	+ 6,8 meq
	K^+	4,7 "	4,5 "	- 0,2 "
Anions	Cl^-	98,8 "	101,6 "	+ 2,8 "
	Protéïnes$^-$	19,8 "	21,1 "	+ 1,3 "

Il est interessant de remarquer que la concentration du chlore ainsi que celle du sodium plasmatique augmentent à la fin de l'épreuve, alors que le potassium diminue ; ces résultats seront comparés plus loin aux variations de la pression osmotique, constatée aprés une période d'inanition partielle et de restriction hydrique en ambiance chaude et séche.

ELIMINATIONS URINAIRES

VOLUME - DENSITE

Pendant toute la durée de l'épreuve, de même que pendant les deux périodes d'observation qui l'ont précédée ou suivie, les sujets peuvent boire à volonté mais les ingestions de boissons quotidiennes font l'objet d'un contrôle attentif, et sont notées minutieusement.

Au cours de la période d'observation préalable, la moyenne générale du volume des urines est voisine de 900 millilitres, alors que pendant la période d'épreuve cette valeur moyenne se situe aux environs de 500 ml pour les trois groupes ; les valeurs de diurèse sont trés sensiblement diminuées.

ON n'observe pas de changement notable de la dehsité des urines pendant la période d'épreuve, par rapport aux valeurs témoins de la période d'observation préalable. Cependant la densité des urines baisse pendant les jours consécutifs à la fin de l'épreuve.

ACETONURIE

Il ne fut noté ni albuminurie ni glycosurie pendant la période de régime carencé. Toutefois l'apport calorique étant déficitaire, nous retrouvons comme dans les expérimentations antérieures une excrétion de corps cétoniques. Cette acétonurie se rencontre chez la plupart des sujets, contraints de faire appel aux réserves lipidiques pour compenser le déficit des apports; elle est cependant plus importante pour les sujets des groupes 1 et 2. Il apparaitra effectivement aprés l'étude du fractionnement de la perte de poids, que ces sujets ont subi le catabolisme lipidique le plus sévére.

UREE

L'apport protidique étant réduit pendant cinq jours, l'excétion urinaire de l'urée est trés abaissée pendant cette période de restriction alimentaire. Cependant il n'apparait pas de différences notables entre les différentes catégories de sujets.

CREATININURIE

L'excrétion urinaire de créatinine est relativement constante chez presque tous les sujets. Une certaine différence apparait peut-être entre les Européens adaptés et ceux qui ne le sont pas ; l'excétion de ces derniers étant sensiblement plus importante.

ELIMINATION DE ClNa PAR LES URINES - BILAN

Les sujets ont un apport quotidien de ClNa de 9,50 grammes. Nous avons établi pour chaque groupe la moyenne d'excrétion quotidienne. Pendant la période d'épreuve, tous les sujets excrétent moins de 9,50 grammes par jour. On remarque que les Africains épargnent davantage les chlorures ; quant aux deux groupes d'Européens,

les courbes d'excrétion semblent identiques. Cependant l'examen du bilan permet de constater que ce dernier est mieux équilibré pour les Européens adaptés.

BILAN CHLORURE PARTIEL

Nous avons dressé un premier bilan chloruré en ne considérant que les pertes par voie rénale, négligeant les pertes par voies sudorales et fécales.

L'apport total de ClNa pour les cinq jours d'épreuve est : 9,50 x 5 = 47,50 grammes ; et le bilan s'établit en grammes :

	Apports	Pertes	Bilan
Africains	47,50	29,30	+ 18,20
Européens adaptés	"	37,40	+ 10,10
Européens non adaptés	"	39,11	+ 8,39

De nombreux prélèvements de sueur effectués au cours des marches quotidiennes, à la suite desquels le ClNa est analysé, nous permettent de donner une concentration moyenne de 2 grammes par litre de sueur. Aprés l'étude du fractionnement de la perte de poids ainsi que la recherche de l'eau d'évaporation, que nous exposerons ultérieurement, on obtient les valeurs moyennes d'eau évaporée par voie cutanée.

	Eau évaporée par sudation grammes	Pertes de ClNa correspondantes grammes
Africains	4200	8,40
Européens adaptés	4900	9,80
Européens non adaptés	5500	11

Le chlorure de sodium n'a pas été dosé dans les fécés, mais on peut tenter d'évaluer approximativement les excrétions. D'aprés BERGER (13), les excrétions de ClNa par voie fécale seraient fonction des apports ; un apport quotidien de 5325 milligrammes entraine une élimination de 106 milligrammes, soit sensiblement 2 %. L'apport quotidien de 9,50 g de ClNa donnerait une élimination par voie fécale de 0,19 g ; soit la valeur de 0,95 gramme pour les cinq jours d'épreuve.

BILAN CHLORURE TOTAL

En considérant les pertes par voie sudorale ainsi que l'évaluation par voie fécale, le bilan total du ClNa peut s'établir en grammes :

	Apports	Pertes par urines	Pertes par sueur	Pertes par fécés	total des Pertes	Bilan total
Africains	47,50	29,30	8,40	0,95	38,65	+ 8,85
Eur. adaptés	"	37,40	9,80	"	48,15	- 0,65
" non adaptés	"	39,11	11	"	51,06	- 4

Le bilan chloruré apparait positif pour les sujets autochtones parfaitement adaptés au climat chaud et humide. On constate d'autre part que si le bilan pour les Européens adaptés peut être considéré comme équilibré, il est déficitaire pour les sujets n'ayant pas une adaptation préalable au climat.

ELIMINATION URINAIRE DU SODIUM - BILAN

Nous avons fait les moyennes d'excétion journaliére du sodium pour les deux groupes d'Européens. Les diagrammes illustrant ces excétions ont sensiblement la même allure. Tous les sujets éliminent moins de 3,80 grammes par jour, quantité représentant l'apport quotidien.

BILAN PARTIEL DU SODIUM

L'apport quotidien de sodium est 3,80 grammes, soit 19 grammes pour les cinq jours de la période d'inanition partielle :

	Apports	Pertes par les urines	Bilan
Africains	19	9,48	+ 9,52
Européens adaptés	19	13,32	+ 6,68
Européens non adaptés	19	12,40	+ 6,60

De même que pour le bilan chloruré ce sont les Africains qui épargneraient le plus le sodium ; les Européens ayant sensiblement le même bilan positif.

Pour avoir un bilan plus rigoureux, il convient de prendre en

compte les pertes de sodium par voies sudorales et fécales. En considérant les valeurs de ClNa excrétées par la sueur, les quantités moyennes de sodium perdu par voie sudorale sont respectivement : Africains 3,3 grammes, Européens adaptés 3,8 g et Européens non adaptés 4,3 g. D'après BERGER (13) un apport de sodium de 3,80 par jour entraine une élimination par voie fécale de 0,13 g. On peut alors évaluer la perte de sodium par les fécés pour les cinq jours d'épreuve à 0,65 gramme.

BILAN TOTAL DU SODIUM

Il est alors possible de dresser le bilan total du sodium, en grammes :

	Apport	Perte urine	Perte sueur	Perte fécés	Perte totale	Bilan
Africains	19	9,48	3,3	0,65	13,45	+ 5,55
Eur. adaptés	"	13,32	3,8	"	16,77	+ 2,33
Eur. non adapt.	"	12,40	4,3	"	17,35	+ 1,65

En définitive on peut dire que le bilan du sodium est équilibré pour tous les sujets, mais d'une façon plus sensible pour ceux qui ont une adaptation au climat.

ELIMINATION URINAIRE DU POTASSIUM - BILAN

Nous avons fait les moyennes des pertes journalières du potassium pour chacune des trois catégories de sujets. Les courbes d'excrétion pour les deux groupes d'Européens font apparaitre une élimination sensiblement identique pour ces sujets. Quoi qu'il en soit, malgré les efforts de l'organisme pour tenter d'abaisser l'excrétion du potassium pendant la période de régime carencé, l'élimination de cet electrolyte reste cependant supérieure à l'apport quotidien dont la valeur est 0,90 gramme; cette constatation est bien mise en évidence sur la Figure 7 .

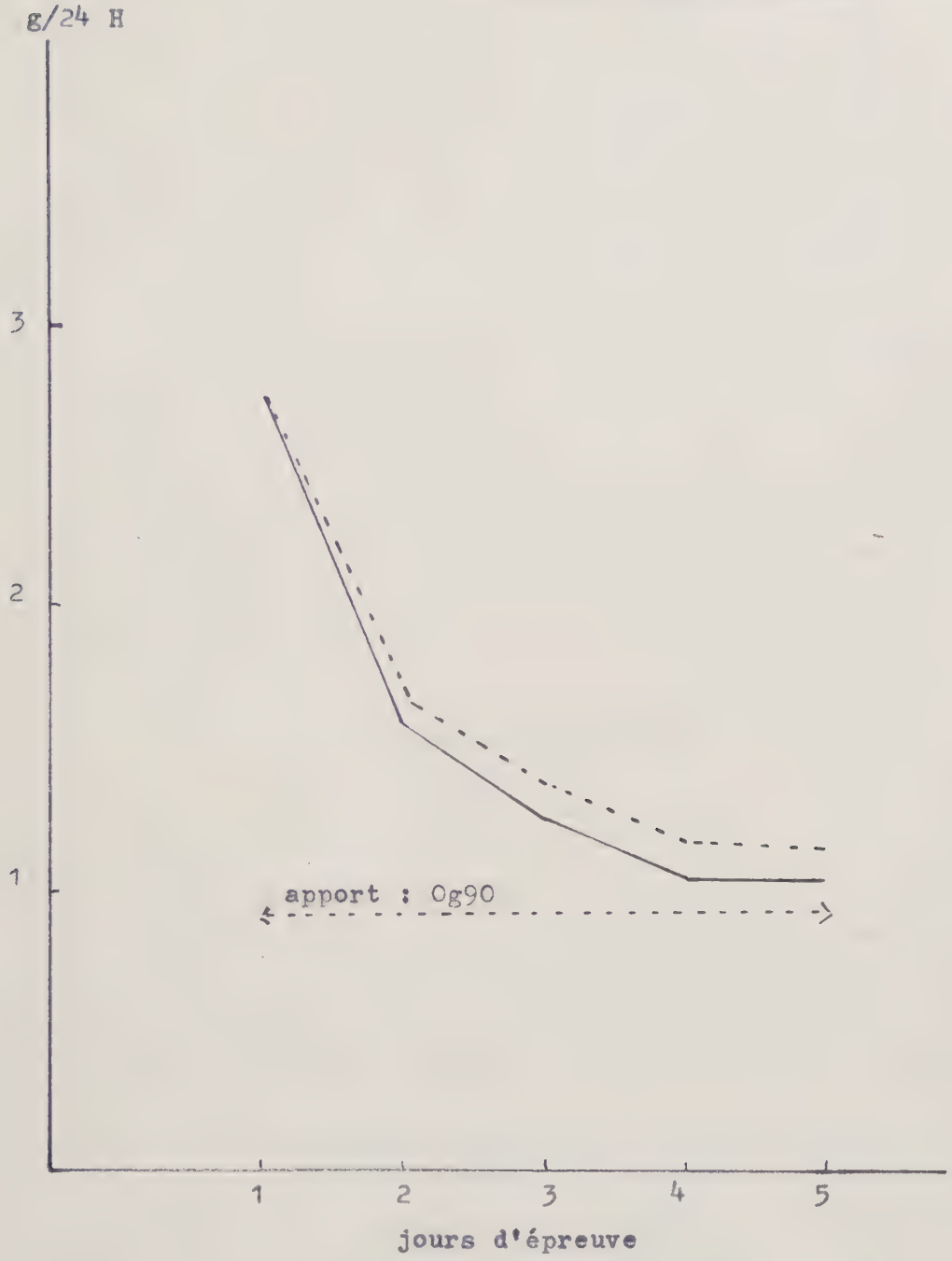
Nous avons trouvé une concentration moyenne dans la sueur de 0,40 gramme par litre. A partir des valeurs d'eau évaporée par sudation, on peut calculer la moyenne par groupe des excrétions par cette voie.

Fig 7

(ambiance chaude et humide)

ELIMINATION URINAIRE DU POTASSIUM

moyennes quotidiennes



_____ sujets non adaptés

- - - - - - - sujets adaptés

BILAN POTASSIUM

L'apport total pour la durée de l'épreuve est
0,90 x 5 = 4,50 grammes

	Apport	Pertes par urines	Pertes par sueur	Bilan
Africains	4,50	8,08	1,68	- 5,26
Européens adaptés	"	8,45	1,96	- 5,91
" non "	"	7,85	2,20	- 5,55

Le bilan du potassium apparait déficitaire pour tous les sujets, même si l'on ne tient pas compte des pertes par voie fécale. Les excrétions du potassium par voie fécale sont supérieures à celles du sodium ; il est évident que la prise en compte des pertes de potassium par cette voie ne ferait qu'accentuer la négativité du bilan.

La carence des apports protidiques provoquent une fonte tissulaire maigre ; et ce catabolisme cellulaire entraine avec lui l'exode du potassium.

DEFICIT PONDERAL ET CATABOLISMES

VARIATIONS PONDERALES

Aprés cinq jours de régime carencé en apports énergétiques, tous les sujets se retrouvent en fin d'épreuve avec un déficit pondéral plus ou moins accentué. La moyenne des variations pondérales illustre bien cette différence : (en kilogrammes)

	Poids au début	Poids aprés l'épreuve	Perte	Pourcentage de perte
Africains	72,875	70,975	1,900	2,6 %
Européens adapt.	68,033	66,100	1,933	2,8 %
" non "	74,166	71,691	2,675	3,6 %

Les différences dans les pourcentages de perte de poids que l'on observe entre les trois groupes, pourraient bien être fonction de l'adaptation des sujets au climat dans lequel s'est déroulée cette épreuve d'inanition particlle.

BILAN DE L'AZOTE - CORRELATION DES BILANS AZOTE ET POTASSIUM

L'apport azoté pour les cinq jours de la période d'épreuve est 22 grammes.Tous les sujets ont des valeurs d'excrétion supérieures à cet apport : le bilan est déficitaire comme le montre le Tableau XXII .

Nous avons recherché chez les dix sujets Européens non adaptés au climat, la corrélation entre les excrétions d'azote et de potassium. Les points correspondants au diagramme des deux valeurs se disposent dans une aire de dispersion de forme elliptique formant un nuage de corrélation positif. Le calcul statistique nous donne un coéfficient de corrélation $r = 0,87$. Ce coefficient est testé par la méthode de l'analyse de variance (test de Snédécor) ; il est significatif à 99 % .

Pour les Européens non adaptés à cette ambiance chaude et humide, il y a une bonne corrélation entre le bilan négatif de l'azote et le bilan également déficitaire du potassium. Il est alors permi de penser que la fuite du potassium s'est effectuée en fonction du catabolisme cellulaire que nous montre le bilan déficitaire de l'azote.

CATABOLISMES PROTIDIQUES ET LIPIDIQUES - DESHYDRATATION

Nous avons vu que l'apport énergétique quotidien est 1024 Kilogcalories, alors que la dépense a pu être évaluée aux environs de 2500 Kilogcalories. Pour la durée de l'épreuve, chaque sujet subit un déficit énergétique total de 7500 Kilogcalories. Par la même méthode que nous avons déjà exposée en détail dans les chapitres précédents, et en tenant compte d'une part du déficit énergétique d'autre part de la valeur déficitaire du bilan azoté, nous avons recherché les poids respectifs de protides et de lipides catabolisés. La connaissance des apports des trois principes (protides, glucides,lipides) ainsi que des valeurs de dégradation des protides et lipides de l'organisme, a permi ensuite de calculer la consommation d'oxygéne et la production de CO_2 (24). Le Tableau XXII donne, en considération du déficit pondéral, les parts respectives de perte protidique,lipidique et deshydratation.

TABLEAU XXII

Fractionnement de la perte de poids

(en grammes)

sujet	Perte de poids	Bilan azoté	Protides dégradés	Lipides dégradés	Perte due à CO_2	Deshydratation
1	1800	- 14	87	794	263	656
2	2000	- 22	137	772	274	817
Africains, pourcentage moyen de la perte de poids			5,8 %	41,2 %		38 %
3	2000	- 27	168	758	279	695
4	1500	- 22	137	772	274	317
5	1800	- 26	162	761	279	598
6	2800	- 30	187	750	277	1586
7	2300	- 24	150	766	277	1107
8	1200	- 12	75	800	260	65
Européens adaptés, pourcentage moyen de la perte de poids			7,5 %	39,6 %		38,4 %
9	1600	- 18	112	783	267	438
10	2200	- 24	150	766	277	1007
11	2800	- 13	81	797	262	1660
12	2750	- 20	125	777	272	1576
13	2500	- 19	118	780	271	1331
14	3300	- 38	237	728	295	2040
15	2300	- 35	218	736	288	1058
16	2600	- 21	131	775	273	1421
17	4200	- 24	150	766	277	3007
18	2500	- 28	175	755	279	1291
Européens non adaptés, pourcentage moyen de la perte de poids			5,5 %	28,6 %		55,4 %

Les apports énergétiques étant insuffisants, l'organisme a couvert ce déficit en puisant dans les réserves. Le bilan de l'azote est déficitaire chez tous les sujets, et il entraine fatalement une fonte tissulaire maigre dans les proportions de l'ampleur du déficit azoté. Si l'on considére les catabolismes protidiques et lipidiques de l'organisme en pourcentage de la perte de poids, on constate que ce sont les Européens non adaptés qui ont eu la dégradation la moins sévére ; par contre ce sont les mêmes sujets qui ont subi le plus grand pourcentage de deshydratation.

Ces valeurs moins importantes des catabolismes protidiques et lipidiques chez les sujets Européens non adaptés, pourraient s'expliquer par une diminution de la dépense de fond. En effet certains auteurs comme KNIPPING, ainsi que OZORIO DE ALMEIDA (68), ont trouvé à la suite d'expériences rigoureuses sur des sujets débutant un séjour en région tropicale, un abaissement du métabolisme de base allant de 16 à 20 % . Comme l'ont souligné les travaux de nombreux auteurs (22)(23)(55)(56) ayant étudié les métabolismes en climat torride, les problémes de deshydratation prennent le pas sur les autres catabolismes en ambiance chaude. Dans de tels environnements, le comportement de l'organisme humain doit être étudié en fonction de sa resistance à la deshydratation (53), tout en sacrifiant judicieusement l'eau nécessaire à l'accomplissement de la thermolyse.

Ainsi la valeur brute du déficit hydrique ne permet d'apporter qu'un jugement imparfait sur le comportement d'un sujet en ambiance chaude. Le meilleur critére d'adaptation à un climat torride semble être la prise en considération de la quantité d'eau sacrifiée pour accomplir la thermolyse, c'est à dire uniquement l'eau évaporée.

RECHERCHE DE L'EAU D'EVAPORATION

Connaissant les valeurs de l'eau de deshydratation (D) , il nous est possible de rechercher la quantité d'eau évaporée (E) par voie pulmonaire et par sudation.

L'eau sort de l'organisme par deux voies :

Urinaire (U)

Evaporation (E)

donc les sorties d'eau sont : U + E

D'où provient cette eau ?

En premier lieu elle provient de l'organisme si ce dernier ne reçoit pas d'apports extérieurs : c'est donc bien " l'eau de deshydratation de l'organisme"que nous appelons " D " .

On peut alors déjà écrire, dans le cas où il n'y a pas d'apports d'eau éxogéne :

Les sorties U + E proviennent de (ou égalent) : D

soit U + E = D

Mais si l'organisme reçoit des apports d'eau, il convient alors d'en tenir compte.

Ces apports d'eau exogéne rentrent en effet dans l'organisme et s'éliminent également par les deux voies : urines et évaporation ; dans ce cas les sorties d'eau :

Urines + évaporation

U + E

représentent non seulement l'eau provenant de la deshydratation de l'organisme (D), mais aussi l'eau des apports exogénes (A),qui ne font que transiter l'organisme et sortent par les mêmes voies.

On peut donc écrire :

Les sorties d'eau représentent l'eau de Deshydratation + les Apports éxogénes

U + E = D + A

soit en inversant cette égalité :

A + D = U + E

d'où A + D - U = E

Les apports hydriques A sont connus, de même que les valeurs de l'eau de deshydratation D , ainsi que les valeurs de diurése U . Il nous est alors possible de dresser un tableau mentionnant pour chaque sujet la valeur de cette eau d'évaporation pour les cinq jours de l'épreuve ; on en tire la valeur moyenne quotidienne (Tableau XXIII). Nous avons voulu comparer cette valeur journaliére d'évaporation en environnement chaud et humide avec la valeur normale en ambiance tempérée , qui est d'environ 1300 grammes par jour. Le Tableau XXIII expose pour chaque sujet le calcul de l'eau évaporée " E " .

TABLEAU XXIII

Recherche de l'eau d'évaporation
(en grammes)

sujet	Apport d'eau A	+	Eau de Deshydratation D	-	Urines U	=	Eau évaporée pendant 5 jours E	Valeur quotidienne de l'évaporation	Ecart à la valeur normale en climat tempéré
1	7340		656		2285		5711	1142	- 158
2	10410		817		2730		8487	1697	+ 397
moyenne pour les Africains							7099	1419	(+ 119) ?
3	11000		795		2780		9015	1803	+ 503
4	9100		317		3010		6407	1281	- 19
5	10000		598		2695		7903	1580	+ 280
6	9700		1586		3205		8081	1616	+ 316
7	11510		1107		3105		9512	1902	+ 602
8	10400		65		2125		8340	1668	+ 368
moyenne Européens adaptés							8209	1642	+ 341
9	14610		438		2430		12618	2523	+ 1223
10	9600		1007		2790		7817	1563	+ 263
11	8130		1660		2130		7660	1532	+ 232
12	9830		1576		2315		9095	1819	+ 519
13	8740		1331		2825		7246	1449	+ 149
14	10660		2040		3185		9515	1903	+ 603
15	10475		1058		3080		8453	1690	+ 390
16	9615		1421		3070		7966	1593	+ 293
17	12955		3007		3695		12960	2592	+ 1292
18	11160		1291		3070		894I	1788	+ 488
moyenne Européens non adaptés							9227	1845	+ 545

La valeur de l'eau évaporée représente la quantité d'eau éliminée par l'organisme luttant contre la chaleur pour maintenir son homéothermie. On constate que l'ampleur de cette eau de thermolyse est fonction du degré d'adaptation au climat. La valeur quotidienne d'eau évaporée pour les Africains est 1419 grammes; cette valeur est 1642 grammes pour les Européens adaptés au climat, et 1845 grammes pour ceux qui ne sont pas acclimatés. Placés dans une ambiance chaude et humide, les sujets acclimatés consacrent moins d'eau pour se refroidir que ceux qui n'ont aucune adaptation; l'eau est dépensée judicieusement pour la thermolyse. Il arrive en effet, surtout en climat chaud et humide où la tension de vapeur d'eau est souvent à saturation de la température ambiante, que les sujets non adaptés ont une partie des pertes hydriques par voie sudorale qui est inéfficace pour la thermolyse. Cette eau ruisselle sur la peau et n'est pas évaporée; elle est dépensée en pure perte.

Les valeurs d'eau d'évaporation représentent les pertes hydriques par voies pulmonaires et cutanées. On admet que 60 % de l'eau d'évaporation est perdue par voie cutanée. Dans le cas présent, les pertes par voie cutanée pour les cinq jours de l'épreuve sont : 4200 grammes pour les Africains, 4900 pour les Européens adaptés et 5500 pour les Européens n'ayant aucun préacclimatement. Ces constatations sont en accord avec les travaux de LEMAIRE et Coll. (53) qui ont étudié notamment l'influence de la race sur l'adapation à un climat torride. Bien que nous constatons d'autre part une excrétion de mucoprotéïnes urinaires plus importante pour l'ensemble du groupe des sujets non adaptés,nous ne pouvons que difficilement interpréter ces résultats. En effet, pour attribuer une signification aux mucoprotéïnes, il aurait été nécessaire de procéder à leur dosage dans le sang (TAYEAU (93)(94)(95)).

CHAPITRE V

L'INANITION PARTIELLE
AVEC LIMITATION DES APPORTS HYDRIQUES

BILANS METABOLIQUES OBSERVES
DANS UN ENVIRONNEMENT CHAUD ET SEC

VALEURS DES CATABOLISMES OBSERVES DANS LES DIFFERENTES AMBIANCES

Nous avons exposé dans le précédent chapitre les modifications des constantes biologiques et des bilans métaboliques, observées sur des sujets placés dans une ambiance chaude avec une hygrométrie importante. L'agressivité d'un climat chaud et humide diffère cependant sensiblement de celle d'une région torride et séche. Dans un tel climat, type désertique, les pluies sont rares et l'humidité atmosphérique est trés faible ; les nuages étant trés rares, le soleil donne un abondant rayonnement d'ultra-violets. On a montré, par la détermination des gains de chaleur, que la radiation solaire constitue le principal facteur d'agression. D'aprés ADOLPH (2)(3), le climat désertique soumet l'homme à un stress thermique deux fois plus grand que celui qu'il subit dans des régions tropicales couvertes où les nuages cachent souvent le soleil; la fréquence cardiaque est plus accélérée, le débit sudoral est plus important et la température

corporelle plus élevée. De nombreux travaux consacrés à la physiologie de l'homme en ambiance désertique (30)(3)(18)(19)(53) (54)(55), ont approfondi les connaissances sur la deshydratation de l'organisme et les perturbations électrolytiques qu'elle entraine. Cette perte hydrique est inéluctable, car elle conditionne le fonctionnement indispensable du mécanisme de thermolyse.

Mais l'accomplissement de cette fonction thermolytique peut nécessiter un surcroit de dépense énergétique. Sur des sujets absorbant une ration dont la valeur énergétique est déficitaire, nous avons tenté d'évaluer l'ampleur des catabolismes protidiques et lipidiques dans les conditions désertiques à la saison chaude ; d'autre part nous avons volontairement limité les apports hydriques pour accentuer la deshydratation. Pendant trois jours huit sujets sont placés au repos sous toile dans un environnement désertique (21). La température évolue de 40° à 43° Centigrades pendant le jour, avec une hygrométrie de 9 à 15 % ; pendant la nuit le thermomètre ne descend pas au dessous de 28°C et l'humidité relative ne dépasse pas 25 % . Les sujets ont à leur disposition une ration quotidienne trés deshydratée dont la valeur énergétique est voisine de 1050 Kilogcalories, ainsi que 2400 millilitres d'eau. Comme dans les expériences précédentes, cette période d'épreuve de trois jours fut précédée et suivie de périodes d'observation. Si la totalité de l'eau fut consommée chaque jour par les sujets, les ingestions d'aliments (surtout les glucides) furent légérement différentes selon les sujets. Quoi qu'il en soit, nous avons fait en sorte que les apports électrolytiques quotidiens soient identiques.

MODIFICATIONS OBSERVEES DANS LE SANG

GLYCEMIE - UREMIE

Aprés les trois jours de restriction hydrique et alimentaire, on constate un léger abaissement de la glycémie ; la valeur moyenne de 0,98 devient 0,94 pour 1000. Par contre on observe chez tous les sujets une augmentation de l'urémie qui de 0,35 s'éléve à 0,49 g/%° à la fin de l'épreuve; cette valeur redevient normale aprés un jour de récupération et semble même s'abaisser le troisiéme

jour de repos consécutif à la période d'inanition partielle.

HEMATOCRITE - INDICE DE REFRACTION DU SERUM

Les valeurs d'hématocrite sont augmentées, de même que celles de l'indice de réfraction du serum. A partir de cette dernière valeur, on obtient par calcul le taux de protéïnes plasmatiques, que l'on peut également exprimer en milliéquivalents. Les moyennes de ces valeurs pour le groupe s'établissent comme suit:

	Avant l'épreuve	Aprés l'épreuve	Aprés 3 jours de récupération
Hématocrite	45 %	48,2 %	45,5 %
Indice de réfraction	1,3497	1,3512	1,3490
Protéïnes g/1000	78,1	87,1	73,8
" milliéquivalents	19,5	21,7	18,4

L'indice de réfraction du serum augmente notablement aprés trois jours d'inanition partielle et de restriction hydrique dans une ambiance dont la température s'éleve à + 43°C . Cette élévation de la valeur de l'indice de réfraction correspond à un abaissement de l'hydrémie ; elle peut être considérée comme une conséquence de la deshydratation du secteur extracellulaire entrainant une certaine déplétion du volume plasmatique. Le solvant diminuant de volume, le corrolaire est une augmentation du taux de concentration des protéïnes plasmatiques, qui contribuent ainsi à l'élévation de la pression osmotique totale du plasma. Aprés trois jours de récupération, où les restrictions hydriques et énergétiques sont abolies, les valeurs d'hématocrite et d'indice de réfraction du serum redeviennent sensiblement ce qu'elles étaient avant l'épreuve.

ELECTROLYTES DU PLASMA - PRESSION OSMOTIQUE

Les variations de l'anion Cl^- ainsi que des cations Na^+ et K^+ sont mentionnées sur le tableau XXIV . Les chiffres représentent en milliéquivalents, d'une part les taux de concentration avant et aprés l'épreuve de régime carencé, d'autre part les variations observées aprés un et trois jours de récupération. On observe une élévation trés marquée pour le sodium dont la moyenne de concentration 135,6 devient 149,1 milliéquivalents en fin d'épreuve ; aprés trois jours

TABLEAU XXIV

Variations des électrolytes plasmatiques

en ambiance chaude et séche.

(en milliéquivalents)

sujet	Avant l'épreuve	Aprés 3 jours d'épreuve	Aprés 1 jour de récupération	Aprés 3 jours de récupération
		CHLORE		
1	104	108,7	104	103
2	106	111	103	
3	106	113	102	102
4	105	112	103	101
5	106	109	103	101
6	105	110	103	104
7	105	108	100	99
8	105	108	102	98
moyenne	105,2	109,8	102,5	101,1
		SODIUM		
1	130	154	145	123
2	139	150	143	126
3	135	147	145	119,5
4	137	152	140	121,7
5	135	149	140	119,5
6	137	148	141	119,5
7	135	148	141	121,7
8	137	145	145	119,5
moyenne	135,6	149,1	142,5	120,8
		POTASSIUM		
1	4,3	5,2	5,2	4,1
2	4,6	4,7	5,2	
3	3,9	4,4	5,3	5,1
4	4,4	5	4,8	6
5	4,6	5	5,2	4,9
6	4,1	4,7	5,1	5,3
7	4,1	4,7	4,8	4,9
8	5	5,2	5,2	5,2
moyenne	4,3	4,8	5,1	5,1

de récupération, la valeur 120,8 meq est inférieure à la valeur initiale. Le chlore augmente également : de 105,2 meq à 109,8 meq ; et aprés trois jours de récupération le taux de 101,1 est inférieur à la valeur témoin. Quant à l'élévation du potassium, elle semble plus modérée (de 4,3 meq à 4,8 meq) ; on constate toutefois une persistance de ce taux pendant les trois jours de récupération consécutifs à la fin de la période carencée. Il est opportun de souligner ici l'augmentation du potassium plasmatique en fin d'épreuve ; alors qu'en ambiance chaude et humide on a constaté au contraire une légére baisse du taux de concentration de ce cation K^+.

Depuis les travaux de HAMBURGER (40) sur le Métabolisme de l'eau, on sait que la pression osmotique efficace détermine seule les variations éventuelles de l'hydratation cellulaire ; c'est la fraction de la pression osmotique totale correspondant uniquement aux électrolytes incapables de pénétrer rapidement et largement à l'intérieur des cellules. La pression osmotique totale peut être mesurée au moyen de plusieurs techniques : doser tous les anions et tous les cations du plasma ; soit en mesurer la résistivité électrique ; soit en mesurer l'abaissement du point de congélation, méthode que nous avons employée. Pour avoir la pression osmotique efficace, il convient de retrancher la pression osmotique partielle dûe à l'urée. Connaissant les valeurs d'urée en milligrammes par litre et en divisant par le facteur 60, on obtient la pression osmotique de l'urée en milliosmoles par litre. Les modifications de la pression osmotique efficace sont mentionnées sur le Tableau XXV ; les variations moyennes pour le groupe sont illustrées par la Figure 8 .

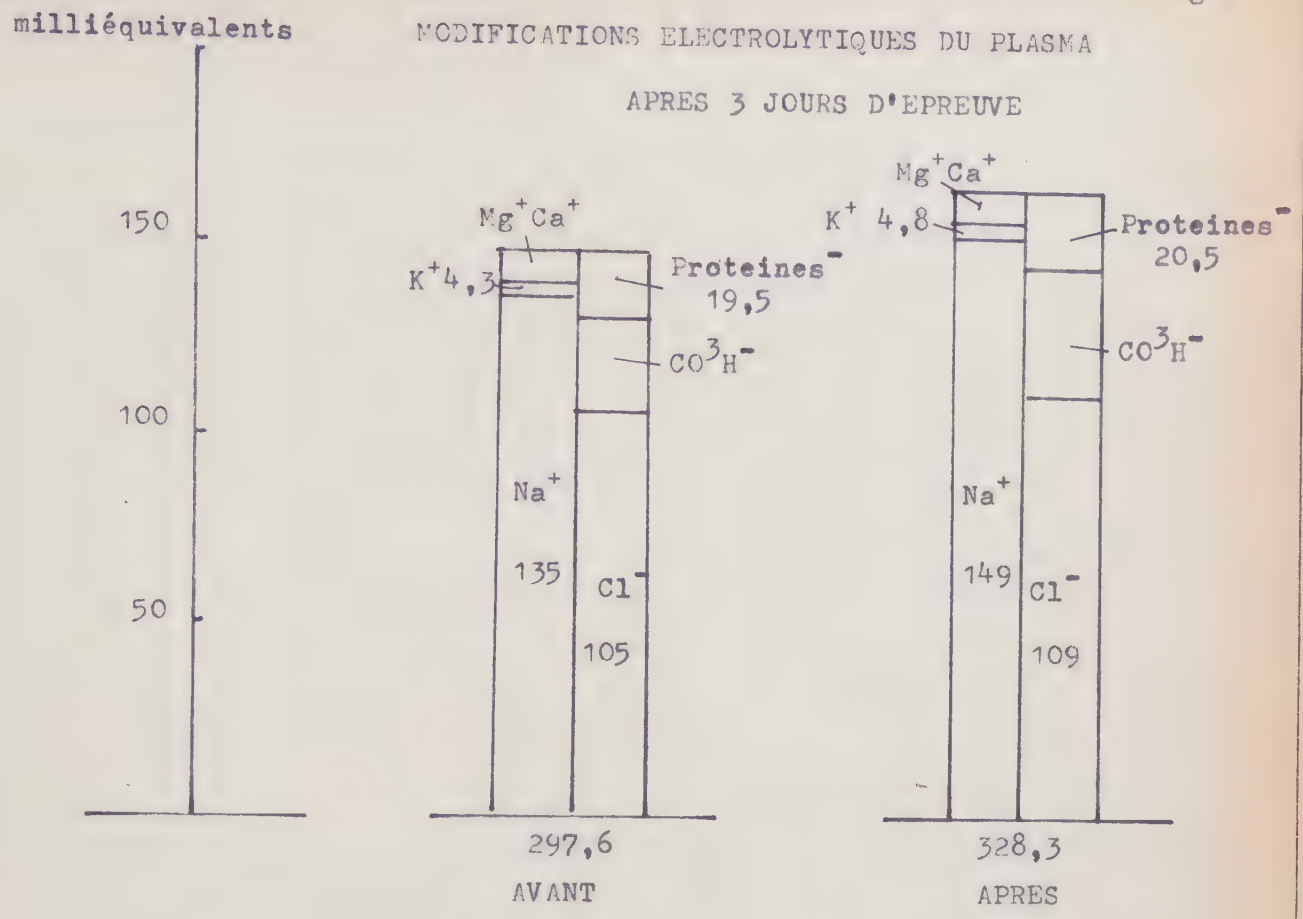
TABLEAU XXV

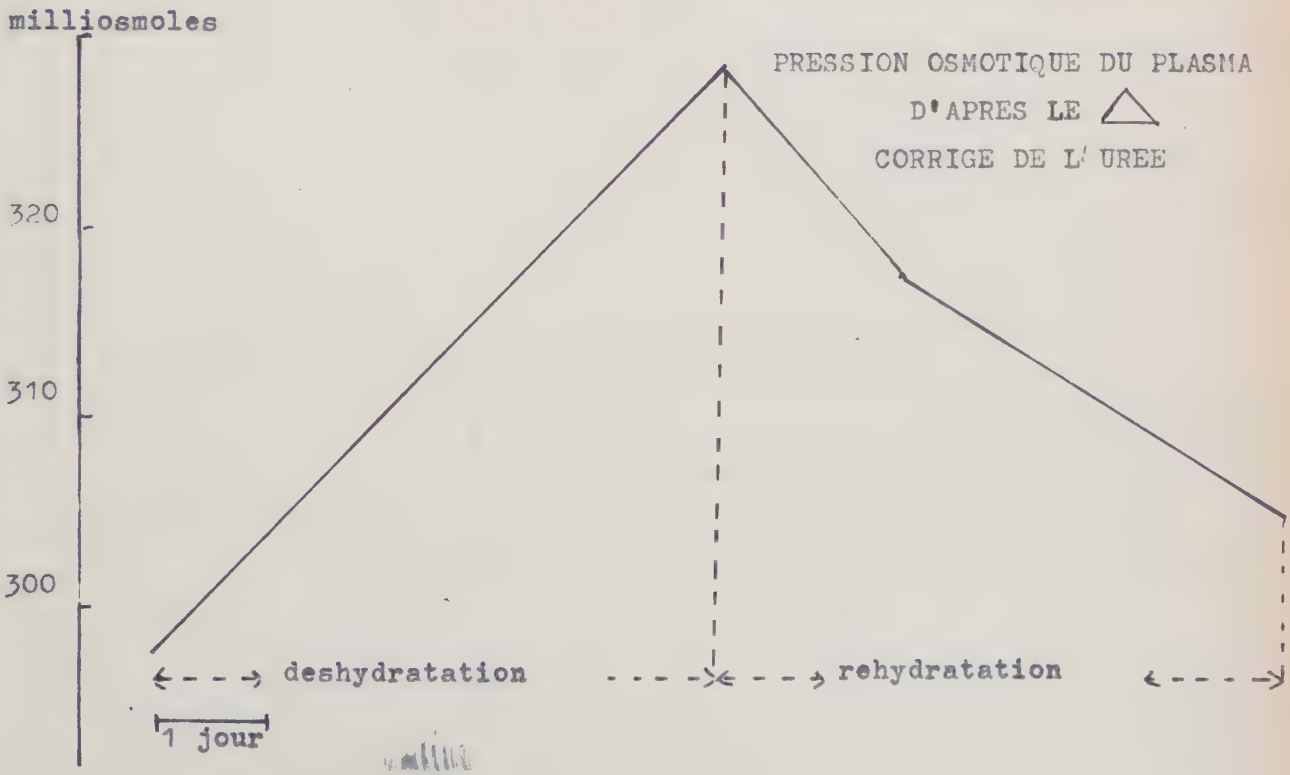
Variations de la pression osmotique efficace (en milliéquivalents)

sujet	Avant épreuve	Aprés épreuve	Aprés 1 jour de récupération	Aprés 3 jours de récupération
1	286,2	332	324	302,4
2	307,8	326,7	320,3	307,6
3	286,2	326,7	324	307,8
4	307,8	326,7	310,5	302,4
5	307,8	321,3	310,5	302,4
6	291,6	326,7	315,9	307,8
7	286,2	332	313,2	
8	307,8	334,8	320,3	302,4
moyenne	297,6	328,3	317,3	305,5

(ambiance chaude et séche)

Fig 8





Si l'on compare ces variations de pression osmotique du plasma à celles observées en ambiance chaude et humide, on s'aperçoit que l'augmentation de cette valeur dans ce dernier climat a été assez modérée par rapport à celle que nous avons en ambiance désertique chaude et sèche. Il convient de noter toutefois que les apports hydriques sont limités ; par contre la période de restriction ne dure que trois jours au lieu de cinq, et les sujets sont au repos.

	Pression osmotique avant épreuve	Pression osmotique après épreuve	Variations
climat chaud et sec	297,6 meq	328,3 meq	+ 30,7 meq
" " et humide	292,14 meq	302,9 meq	+ 10,8 meq

La valeur de l'élévation de la pression osmotique, qui rend compte de la deshydratation, est trois fois plus importante en ambiance chaude et séche, non seulement parceque la température est plus élevée, mais aussi parceque les sujets subissent une restriction hydrique ; la différence des valeurs de deshydratation est corrélative.

ELIMINATIONS URINAIRES

ELEMENTS ANORMAUX - ALBUMINE - SUCRE - ACETONE

Quelques sujets présentent une albuminurie passagère, surtout le troisième jour de l'épreuve, mais qui disparait pendant la période de récupération. Le sucre dans les urines est rarement observé : trois cas de glycosurie pendant un jour mais disparaissant le lendemain.

Trois sujets seulement présentent de l'acétonurie le 3e jour de l'épreuve, mais en quantité modérée. Cette absence de corps cétoniques dans les urines permet de penser que le catabolisme lipidique est très limité. L'étude du fractionnement de la perte de poids montre en effet que les sujets ont dégradé en faible quantité leurs réserves lipidiques.

VOLUME ET DENSITE DES URINES

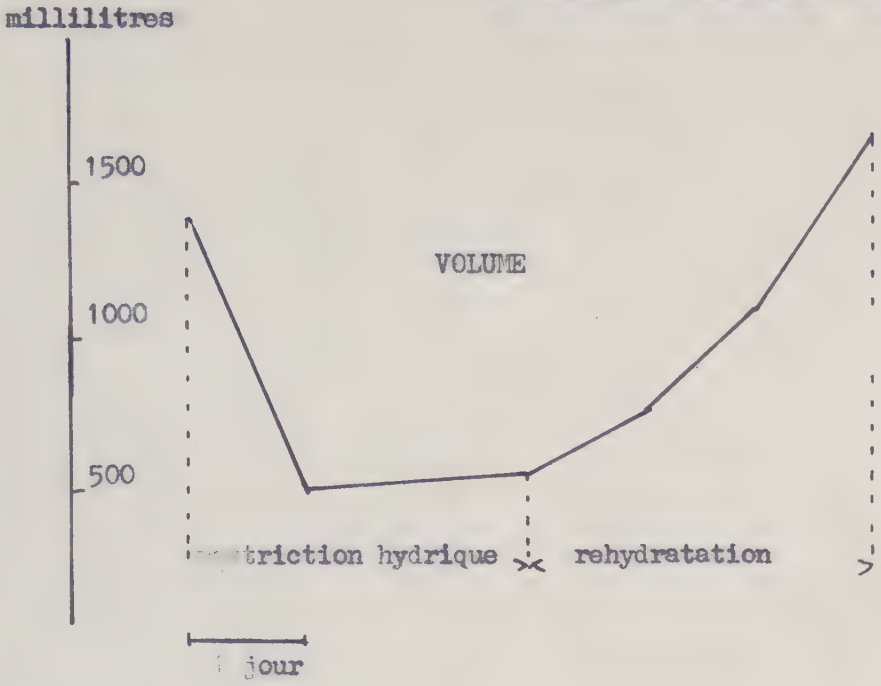
Tous les sujets sans exception ont ingéré la totalité de l'eau mise à leur disposition (2400 millilitres par jour) ; alors que les ingesta de glucides furent sensiblement différents. Le volume des urines émises pendant la période de restriction hydrique est notablement abaissé ; la moyenne de la diurése quotidienne est de l'ordre de 500 millilitres, car la plus grande partie de l'eau absorbée est perdue par évaporation pour servir impérativement à la thermolyse. L'élimination par voie rénale étant trés réduite, le maximum d'eau est perdu par voie sudorale ainsi que par évaporation pulmonaire.

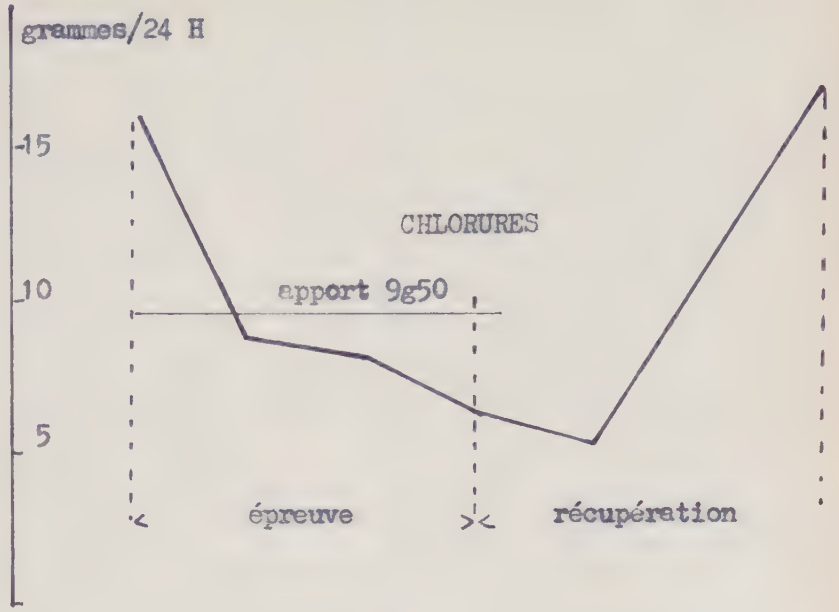
La densité des urines varie en fonction inverse du volume ; l'organisme concentre au maximum les urines pour évacuer les déchets dans un minimum de solvant. Les taux de concentration d'urée urinaire sont notablement augmentés, en regard du faible apport protidique de la ration journaliére. Les moyennes d'excétion d'urée sont (en grammes pour 1000) : 13,4 le 1er jour , 18 pour le second et 24 pour le 3e jour de l'épreuve.

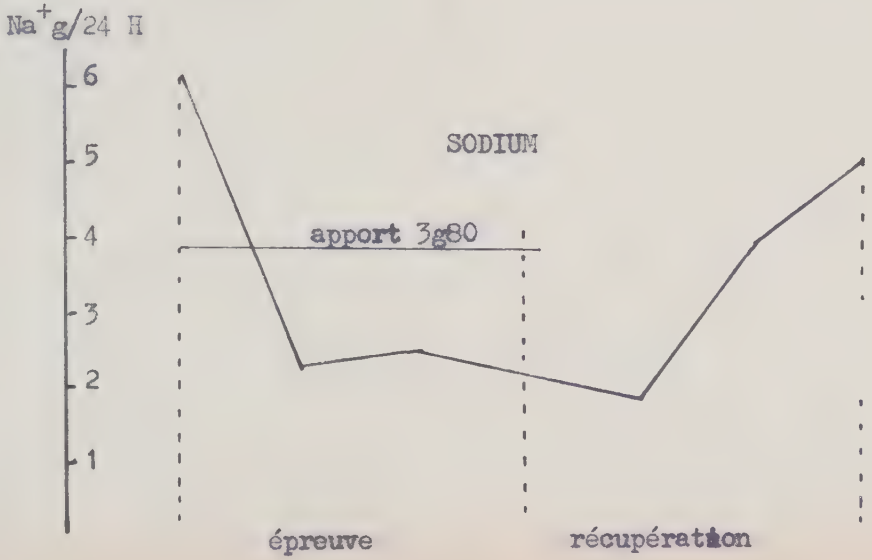
ELIMINATION DE ClNa DANS LES URINES - BILAN

Les sujets reçoivent quotidiennement par la ration 9,50 grammes de sel. La moyenne journaliére de l'excrétion chlorurée montre nettement l'abaissement de l'élimination de ClNa dans les urines. Pour préserver son capital chloruré, l'organisme s'efforce d'en limiter les pertes par voie rénale pour faire face aux pertes par voie sudorale indispensables en climat torride. La moyenne d'élimination par 24 heures se situe généralement au dessous de 9,50 grammes (voir Figure 9). Mais pour établir le bilan, il convient de prendre en considération les pertes extra-rénales (sueur et fécés), qui viennent s'ajouter à l'excrétion urinaire. On peut penser toutefois que les pertes par voie fécale sont négligeables, car les selles sont rares et peu conséquentes. Les pertes par voie sudorale peuvent être calculées à partir des valeurs quotidiennes d'eau évaporée, ainsi que de la concentration moyenne de 2 grammes de ClNa par litre de sueur que nous avons trouvé. Ce taux peut paraitre légérement bas, mais dans les conditions présentes les sujets n'ont pas à mettre en jeu des sueurs musculaires de travail particuliérement riches en

ELIMINATIONS URINAIRES (ambiance chaude et séche)







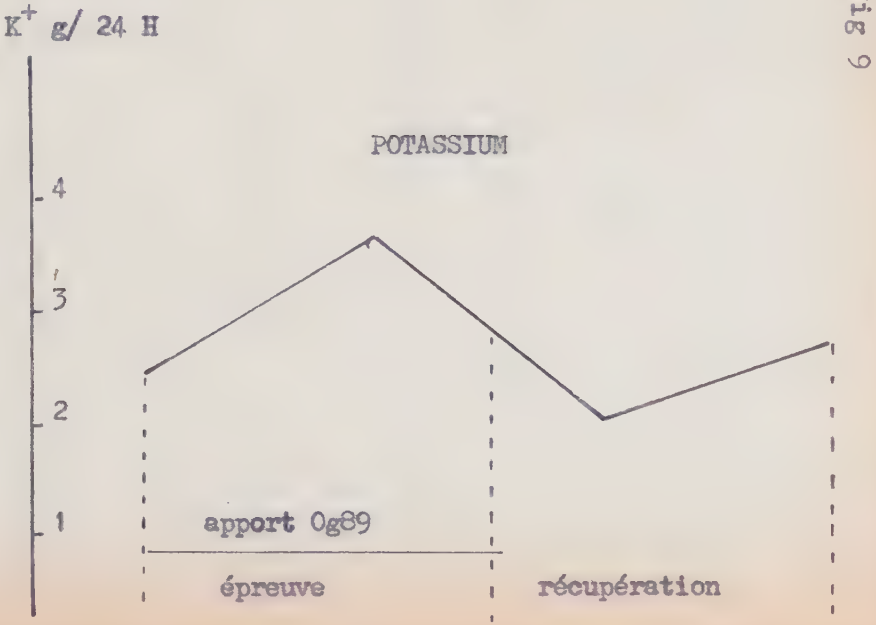


Fig 9

électrolytes. La moyenne d'eau évaporée pendant l'épreuve est 10300 millilitres dont 60 % sont éliminés par voie sudorale : soit 6180 ml. La valeur moyenne d'excétion de ClNa par voie sudorale est environ 12 grammes.

Le Bilan chloruré peut alors s'établir en grammes :

Apport	Pertes par les urines	Pertes par voie sudorale	Total des Pertes	Bilan
28,50	23,87	12	35,87	- 7,37

La négativité du bilan permet de penser à une diminution du stock chloruré dans l'organisme.

ELIMINATION DU SODIUM - BILAN

On observe une diminution du sodium éliminé par voie rénale pendant la période d'épreuve. (voir Figure 9). Comme on peut le constater en se reportant à l'élimination chlorurée, les deux excrétions chlore et sodium se font d'une maniére concommittente; les deux courbes d'élimination ont une certaine analogie, car la plus grande partie du cation Na^+ est liée à l'anion Cl^-. L'apport quotidien de sodium est 3,80 grammes. Si l'on ne considére que l'excrétion par les urines, l'élimination est inférieure à 3,80 g par 24 heures. Mais de même que pour le chlore, aprés prise en compte de l'élimination par voie sudorale, le bilan du sodium apparait déficitaire.

ELIMINATION DU POTASSIUM - BILAN

L'élimination urinaire du potassium montre une augmentation assez considérable du taux par litre, corrélative avec un abaissement notable du volume de la diurése. Cependant malgré des volumes urinaires restreints, l'élimination du potassium par 24 heures pendant les jours de l'épreuve est plus élevée que celle de la période d'observation. La courbe représentant les excrétions moyennes du potassium montre bien que les sujets subissent des pertes accrues, surtout les deux premiers jours de la période de restriction (Figure 9). La ration fournit 0,89 g par jour, et l'excrétion quotidienne est environ 2 g : le bilan est largement déficitaire. On assiste donc à une fuite du potassium de l'organisme.

On peut supposer que la deshydratation subie par les sujets donne lieu à des mouvements hydro-électrolytiques entre le secteur cellulaire et l'extra-cellulaire ; perturbations susceptibles d'entrainer du potassium hors du compartiment cellulaire. Cette fuite du potassium de l'organisme devra être aussi considérée corrélativement avec le bilan de l'azote ; car on peut penser à un certain catabolisme protidique occasionné par une ration carencée. Le déficit pondéral peut provenir de la deshydratation ainsi que de la dégradation des réserves ; et l'exode du potassium incline à penser à une certaine part de fonte tissulaire.

L'établissement du bilan de l'azote ainsi que la recherche des différentes valeurs de catabolismes viendront étayer cette hypothése.

BILAN DE L'AZOTE

L'élimination azotée provenant du métabolisme intermédiaire s'effectue presque exclusivement par l'urine. Aussi peut-on pratiquement estimer les sorties azotées par le seul dosage de l'azote total urinaire. Ceci est d'autant plus valable dans le cas de cette expérimentation où les selles sont rares et de toute façon minimes ; aussi ne tiendrons nous pas compte des pertes fécales lorsque nous étudierons la balance azotée. Nos sujets sont soumis à des températures diurnes de 43°C, et sont au repos ; de la même maniére que pour les expérimentations précédentes nous avons calculé la dépense énergétique. Cette dépense quotidienne est voisine de 2000 Kilogcalories ; soit 6000 Kilogcalories pour les trois jours qu'a duré l'épreuve. Les sujets ne pouvant boire à volonté ont restreint les ingesta alimentaires dans des proportions variables. Nous avons cependant noté pour chacun les quantités de protides, lipides et glucides ingérés ; ce qui permet de calculer exactement les calories apportées ainsi que le déficit énergétique. Le Tableau XXVI donne pour chaque sujet la valeur du bilan azoté, auquel nous avons juxtaposé les résultats du bilan potassium.

Le bilan de l'azote de même que celui du potassium ne sont pas équilibrés.

TABLEAU XXVI

BILAN DE L'AZOTE ET DU POTASSIUM

sujet	Energie dépensée Kcal	Calories apportées Kcal	Déficit en Kcal	Apport azoté grammes	Excrétion azotée grammes	Bilan azoté grammes	Bilan potassium grammes
1	6000	3161	2839	12,1	36,06	-23,96	-7,39
2	"	3122	2878	10,6	33,72	-23	-9
3	"	3153	2847	11,8	28,60	-16,80	-8,35
4	"	3002	2998	5,6	31,18	-25,50	-8,32
5	"	3108	2892	10	28,36	-18,36	-8,70
6	"	3107	2993	10	30,75	-20,75	-6,56
7	"	3020	2980	6,5	25,65	-19,15	-7,57
8	"	3042	2958	7,4	19,14	-11,74	-7,33

Afin de comparer les excrétions d'azote et de potassium, nous avons établi un diagramme en mettant en ordonnée les valeurs du bilan potassium et en abcisse celles du bilan de l'azote ; les points se disposent dans un nuage qui n'est significatif d'aucune corrélation. Aussi n'avons nous pas poursuivi cette étude par une exploitation statistique des résultats . Il apparait dans l'ensemble que la seule relation existant entre le bilan de l'azote et celui du potassium est que la valeur déficitaire du premier entraine la négativité de celui du second ; mais il n'y a aucune proportionnalité dans les variations de ces deux valeurs.

VALEURS DES CATABOLISMES

DEFICIT PONDERAL

Les variations pondérales des sujets aprés une épreuve d'inanition partielle accompagnée d'une restriction hydrique sont assez importantes. Voici, en kilogrammes, les poids des sujets avant et aprés l'épreuve de trois jours :

Sujet	Poids avant	Poids aprés	Déficit
1	81,350	74,400	- 6,950
2	70,400	65,200	- 5,500
3	77	71,900	- 5,100
4	69,600	64,600	- 5
5	72,550	67,200	- 5,350
6	70,850	65,700	- 5,150
7	72,700	67,100	- 5,600
8	63,250	58,400	- 4,850

La moyenne de perte de poids pour le groupe est : 7,5 % .

Nous connaissons la perte de poids des sujets ; et à partir des valeurs du déficit azoté (1 gramme d'azote correspond à 6,25 g de protides catabolisés), nous pouvons calculer pour chaque sujet le poids de protéïdes tissulaires dégradés et les calories correspondantes. Nous avons évalué à 6000 Kilogcalories la dépense énergétique pour la durée de l'épreuve ; le contrôle des ingesta donne l'apport calorique pour chaque sujet. Par différence, on obtient le déficit énergétique qui est couvert par les calories provenant de la combustion des réserves protidiques et lipidiques de l'organisme.

TABLEAU XXVII

Protéides tissulaires et réserves lipidiques dégradés

sujet	Calories absorbées Kcal	Déficit énergétique Kcal	Protéïdes tissulaires dégradés		Réserves lipidiques dégradés	
			grammes	Kcal	grammes	Kcal
1	3161	2839	149,75	580	251	2259
2	3122	2878	144	576	255	2302
3	3153	2847	105	420	269	2427
4	3002	2998	159,3	637	262	2361
5	3108	2892	114,75	459	270	2433
6	3107	2993	129,68	518	275	2475
7	3020	2980	119,68	478	278	2502
8	3042	2958	73,37	293	296	2665

Le Tableau XXVII donne par sujet les calories absorbées et le déficit énergétique pendant l'épreuve, le poids de protéïdes dégradés et les calories correspondantes, ainsi que les calories apportées par les réserves lipidiques catabolisées. La valeur énergétique de ces réserves aprés combustion est calculée selon les coefficients d' ATWATER : 4 - 9 - 4 .

Dans le déficit pondéral nous connaissons la part supportée par le catabolisme protidique et lipidique de l'organisme. Pour avoir la valeur de l'eau de deshydratation, nous devons calculer auparavant la valeur afférente à la perte de poids dûe au CO_2 métabolique.

PERTE DE POIDS PAR REJET DE CO_2

On sait que la combustion des aliments simples dans l'organisme s'accompagne d'une consommation d'oxygéne et d'un rejet de CO_2 en quantité propre à chacun des principes nutritifs : Protides Lipides et Glucides. Connaissant les quantités de ces principes ingérés, de même que les quantités de protéïdes tissulaires et de réserves lipidiques catabolisés pour combler le déficit énergétique, on calcule les volumes et les poids correspondants d'oxygéne consommé et de CO_2 rejeté par voie pulmonaire (voir chapitre II). Nous avons alors toutes les valeurs pour dresser le Tableau fractionnant le déficit pondéral (en grammes) :

TABLEAU XXVIII

Valeurs des catabolismes aprés trois jours d'épreuve

sujet	Déficit pondéral	Protides dégradés	Lipides dégradés	Perte par CO_2	Perte par Deshydratation
1	6950	149	251	211	6339
2	5500	144	255	203	4898
3	5100	105	269	198	4528
4	5000	159	262	203	4376
5	5350	115	270	197	4768
6	5150	130	275	201	4544
7	5600	120	278	200	5002
8	4850	73	296	192	4269
pourcentage du déficit pondéral		3 %	5 %		88,8 %

Il apparait bien que la perte de poids (dont la valeur moyenne est 5437 grammes), provient en majeure partie de la deshydratation qui est responsable de 88 à 90 % de la valeur du déficit pondéral. Dans le pourcentage de perte de poids, les protéïdes dégradés entrent seulement pour 3 % et les réserves lipidiques pour 5 % . Ces résultats de catabolismes observés à la suite d'un régime carencé imposé dans un climat chaud et sec, confirment l'importance de la deshydratation.

Nous procéderons à la fin de ce chapitre, à une comparaison des valeurs des catabolismes intervenus dans les conditions différentes d'ambiances où se sont déroulées des épreuves d'inanition partielle.

DESHYDRATATION

Le Tableau XXVIII donne la valeur de la deshydratation pour chaque sujet. Il apparait bien que l'organisme a subi un déficit hydrique important ; il est cependant difficile d'évaluer la perte respective de chacun des deux secteurs hydriques, extra ou intracellulaire. Le catabolisme des protides a entrainé surtout la fuite d'eau cellulaire (54 % de la masse maigre dégradée), mais aussi une certaine quantité d'eau extracellulaire (16 % de la masse maigre dégradée). De même le catabolisme des réserves lipidiques libére une certaine quantité d'eau extracellulaire liée aux graisses ; nous avons vu que l'évaluation de la valeur de cette eau est différente selon les auteurs (de 8 à 46 % de la masse grasse ?)

Les diverses mesures de l'abaissement cryoscopique et de l'indice de réfraction du serum indiquent une hémoconcentration ; on peut penser alors à une certaine diminution de l'eau plasmatique. Quoi qu'il en soit, si l'on envisage les mouvements d'eau qui peuvent se produire entre les différents secteurs hydriques, de même que la production endogéne d'eau fournie par la combustion des aliments, on s'aperçoit qu'il est trés difficile de rechercher la part de deshydratation dûe respectivement aux compartiments extra ou intracellulaire. Seule la mesure du volume des différents secteurs peut nous donner les valeurs des pertes respectives.

RECHERCHE DE L'EAU DE THERMOLYSE

Nous pouvons cependant calculer l'eau évaporée par voie pulmonaire et cutanée. Nous connaissons les apports d'eau qui

sont essentiellement constitués par la ration quotidienne de 2400 grammes, car les aliments sont trés deshydratés . Nous avons calculé l'eau métabolique d'origine endogéne (eau d'oxydation), sachant que pour 100 grammes de principe absorbé les lipides dégagent 100 ml d'eau, les protides 40 ml et les glucides 60 ml . Nous n'avons cependant pas tenu compte de cette eau d'oxydation, car nous pensons que sa valeur est sensiblement contrebalancée par les pertes fécales auxquelles peuvent s'ajouter les pertes par mucosités nasales et crachats ; il s'agit de toute façon de valeurs trés faibles.

Les apports d'eau (A) ainsi que l'eau de deshydratation de l'organisme (D) , sont éliminés par les urines (U) ainsi que par évaporation (E) ;

Nous reprenons l'égalité : $A + D = U + E$.

d'où $A + D - U = E$

Connaissant les apports d'eau (A), la valeur des diuréses (U) , ainsi que l'eau de deshydratation (D), nous obtenons E qui représente la valeur de l'eau évaporée par voie pulmonaire et cutanée. Cette valeur de E est interessante à connaitre car elle représente l'eau servant à la thermolyse ; le Tableau XXIX en donne les valeurs propres à chaque sujet.

TABLEAU XXIX

Eau de thermolyse (en grammes)

sujet	A Apports d'eau	+ D Eau de Deshydratation	- U Pertes par Urines	= E Eau Evaporée	valeur quotidienne de E	écart à la valeur quotidienne en climat tempéré (E - 1300)
1	7200	6339	1897	11642	3880	+ 2580
2	"	4898	1670	10428	3476	+ 2176
3	"	4528	1630	10098	3366	+ 2066
4	"	4376	1552	10024	3341	+ 2041
5	"	4768	1554	10414	3471	+ 2171
6	"	4544	1590	10154	3384	+ 2084
7	"	5002	1610	10592	3530	+ 2230
8	"	4269	1288	10181	3393	+ 2093
					moyenne :	+ 2107

Outre la valeur de l'eau d'évaporation pendant les trois jours de cette épreuve d'inanition particlle et de restriction hydrique en climat chaud et sec, le Tableau XXIX mentionne aussi la valeur quotidienne de l'eau évaporée E . Pour un sujet moyen vivant en climat tempéré, on admet que la valeur quotidienne de l'eau perdue par évaporation est de l'ordre de 1300 grammes. Nous avons mis en regard de la perte d'eau évaporée chaque jour de cette épreuve, l'écart avec la valeur d'évaporation généralement admise en climat tempéré. Cette valeur est notablement augmentée dans les conditions de cette expérience en ambiance chaude et séche, car la thermolyse nécessite impérativement un sacrifice hydrique, et elle ne peut s'accomplir qu'en évaporant une quantité importante d'eau.

Il convient de comparer ces résultats avec les quantités d'eau évaporée en climat chaud et humide par le groupe de sujets n'ayant aucune adaptation à l'ambiance (chapitre IV) . Considérons la différence des valeurs obtenues en ce qui concerne l'écart moyen à la valeur quotidienne d'évaporation en climat tempéré :

ambiance chaude et humide : + 545
ambiance chaude et séche : + 2107

L'augmentation de la valeur de l'eau évaporée pour assurer la thermolyse, est trois à quatre fois plus importante en climat type désertique que celle observée en climat tropical humide. Cette constatation est en accord avec les travaux de ADOLPH (2) (3), ainsi que de nombreux auteurs ayant étudié la physiologie de l'homme en ambiance torride.

VALEURS DES CATABOLISMES OBSERVES DANS LES DIFFERENTS ENVIRONNEMENTS

Les expériences d'inanition partielle qui viennent d'être exposées, se sont déroulées pendant des périodes d'une durée variant de trois à six jours et dans diverses conditions thermo-climatiques ; Les apports énergétiques ont de surcroit été différents. L'évaluation du métabolisme pour une journée d'épreuve, permet de connaitre le déficit énergétique quotidien correspondant. Afin de mieux éclairer les résultats, nous pensons qu'il est opportun de récapituler les valeurs des catabolismes observés dans ces différentes conditions. Le Tableau XXX remet en mémoire pour chaque ambiance le déficit énergétique quotidien ainsi que le déficit pondéral moyen en fin d'épreuve. En pourcentage de cette valeur de perte de poids, on différencie la part de perte revenant respectivement au catabolisme des protides, à celui des lipides, et à la deshydratation ; la part afférente à la perte de CO_2 métabolique n'est pas mentionnée.

L'examen de ce Tableau XXX, illustré par les schemas 10 et 11 permet de formuler certaines observations. En climat tempéré, le déficit pondéral aprés l'épreuve est fonction du déficit énergétique imposé ; mais les valeurs de catabolismes protidiques et lipidiques ne sont pas proportionnelles à la disparité des apports alimentaires. Par contre, plus les apports énergétiques sont déficitaires, plus la deshydratation est importante. Bien que le sujet puisse boire à volonté, on constate que la restriction de l'apport alimentaire entraine une diminution des ingesta de boisson.

Un régime carencé imposé en ambiance froide à l'altitude de 2000 métres occasionne une perte de poids qui, pour un déficit énergétique semblable, est plus important qu'en climat tempéré. Dans ce déficit pondéral, les valeurs de protides et lipides

TABLEAU XXX

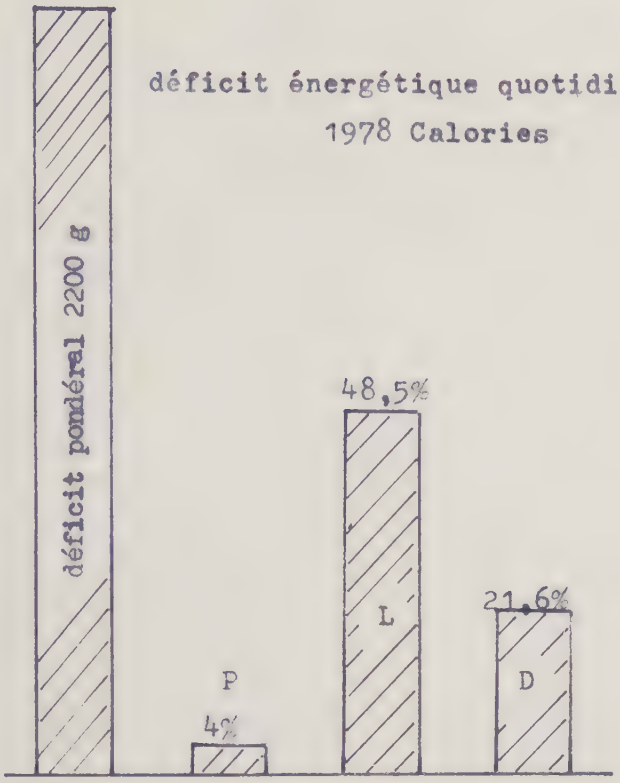
Valeurs des catabolismes
observés selon les ambiances

Durée et conditions de l'épreuve	Apport hydrique quotidien grammes	Déficit énergétique quotidien Kcalories	Perte de Poids grammes	Pourcentage de la perté de poids		
				Perte Protides %	Perte Lipides %	Deshydratation %
6 jours climat tempéré (+16°C) activité	à volonté	1978	2200	4	48,5	21,6
		2991	3700	4,4	53,3	35,9
5 jours climat froid (-7°C) altitude 2000 m activité	à volonté	1900	2400	3	42	31
5 jours climat chaud et humide + 30°C H = 95 % activité	à volonté moyenne absorbée 2115	1500	2675	5,5	28,6	55,4
3 jours climat chaud et sec + 42°C H = 15 % repos	ration 2400	974	5437	3	5	89

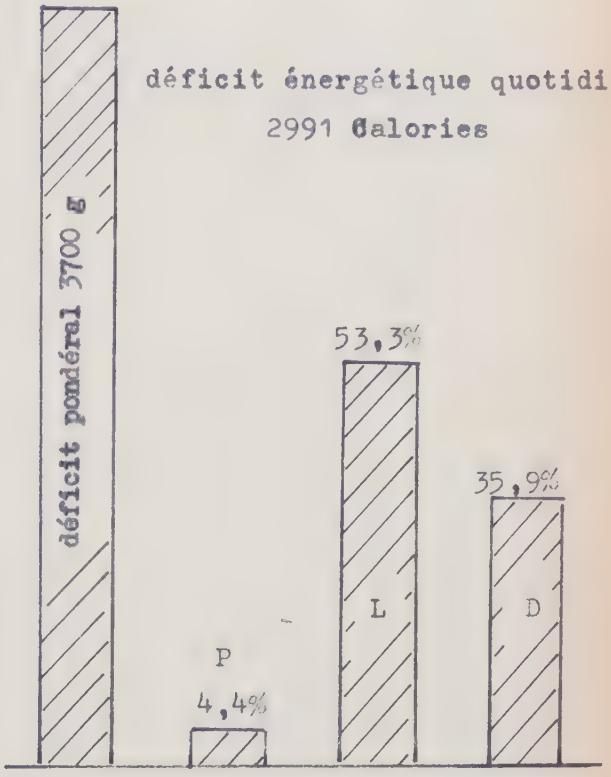
VALEURS COMPAREES DES CATABOLISMES **Fig 10**

(en pourcentages de la perte de poids)

I _ 6 jours en climat tempéré



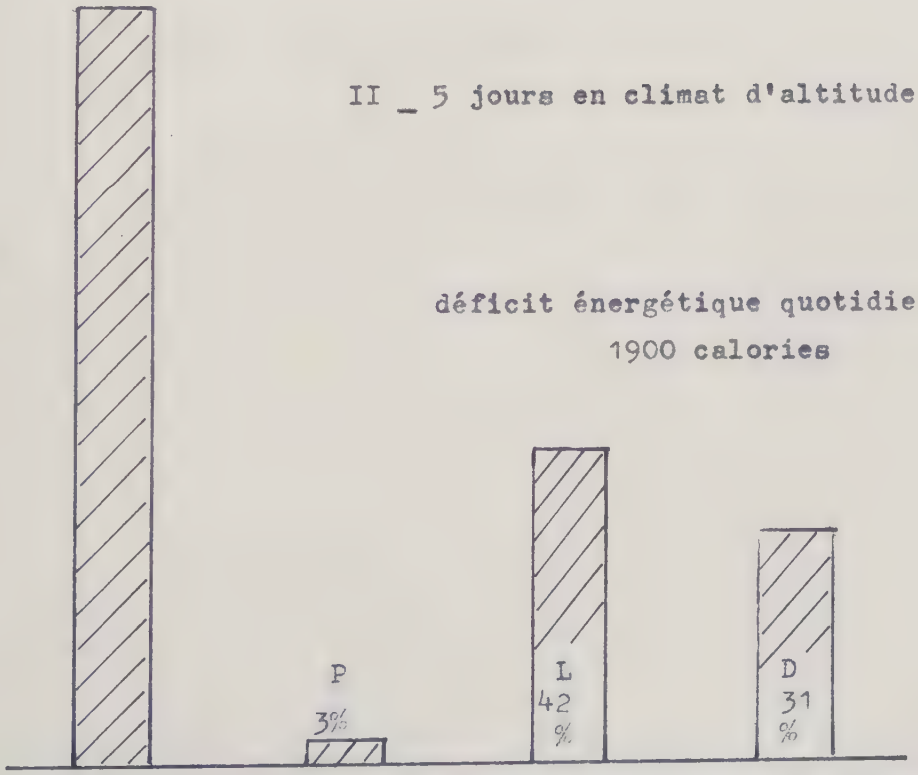
déficit énergétique quotidien
1978 Calories



déficit énergétique quotidien
2991 Calories

II _ 5 jours en climat d'altitude froid

déficit pondéral 2400 g



déficit énergétique quotidien
1900 calories

P = pertes protidiques L = pertes lipidiques D = Deshydratation

catabolisés sont sensiblement moins élevées, car l'épreuve dure cinq jours au lieu de six; mais la part de deshydratation est plus importante (31 % au lieu de 21 %). Cette différence de l'ampleur de la deshydratation pourrait être attribuée à l'augmentation de l'évaporation pulmonaire en altitude (GRANDPIERRE (30)(32)).

Les valeurs de catabolismes en climat chaud et humide concernent des sujets non acclimatés. Comparons le déficit pondéral de ces derniers avec celui des sujets subissant un régime carencé en ambiance chaude et séche ; on constate que la perte de poids est deux fois plus importante en climat désertique, bien que le déficit énergétique imposé soit moins sévére et que les ingesta d'eau soient sensiblement plus élevés. Les catabolismes protidiques représentent en pourcentage de la perte de poids : 5,5 % pour l'ambiance tropicale humide et 3 % pour le désert ; les réserves de lipides dégradés représentent respectivement 28,6 et 5 % du déficit pondéral. Le catabolisme lipidique est donc trés faible en ambiance chaude et séche. Les valeurs de deshydratation sont plus élevées dans les deux ambiances torrides (55 % et 89 %) que dans les climats tempérés et les climats froids (21 % et 31 %). Cependant cette valeur est nettement plus importante dans l'environnement chaud et sec, où elle représente 89 % de la perte de poids des sujets. En climat torride, la deshydratation est le probléme majeur qui prend le pas sur les autres catabolismes, bien que ceux ci lui soient intimement liés. (2) (3) (54)(55)(21)(22)(30).

CONCLUSIONS

Dans un monde contemporain, où certaines populations vivent dans des ambiances torrides en subissant en permanence une dénutrition partielle, le problème des carences alimentaires et leur répercussion sur le développement économique des pays concernés, apparait chaque jour plus important. Nous ne pouvons que nous associer à cette pensée de TREMOLIERES : " Lorsque la quantité d'énergie est faible, l'homme se replie sur lui même et devient volontiers un contemplatif ; lorsque cette quantité est grande, il s'ouvre vers le milieu extérieur pour le transformer ". Cette vérité apparait dans toute son évidence, lorsque l'homme est placé dans un environnement où des conditions thermiques sévères constituent un facteur d'agression supplémentaire. Cette considération est l'une des raisons majeures qui ont motivé ce travail.

L'inanition totale a fait l'objet de nombreux travaux, et l'on en connait parfaitement les conséquences ; elle entraine la mort à plus ou moins bréve échéance, et celle ci arrive bien avant que la totalité des réserves de l'organisme ait été utilisée. On peut penser que l'intensité du catabolisme azoté porte une atteinte mortelle à la masse cellulaire. Les effets de l'inanition partielle sont également bien connus. Les mécanismes de dégradation des masses tissulaires sont similaires à ceux observés lors de l'inanition totale. Mais lorsque l'on fournit un minimum d'apport protidique, la survie peut se prolonger ; car l'organisme peut utiliser entiérement les réserves énergétiques dont il dispose, notamment les réserves lipidiques.

Les dépenses énergétiques globales comprennent d'une part la dépense basale, d'autre part la dépense occasionnée par la vie de relation ; c'est à dire tout un ensemble de frais énergétiques liés aux relations avec le milieu extérieur, et dont l'un des facteurs le plus important est l'environnement thermique. Pour qu'un apport ali-

mentaire apparaisse satisfaisant, il ne suffit pas que l'équilibre du bilan énergétique soit assuré ; il importe surtout que l'individu puisse se comporter de la façon la mieux adaptée à l'environnement dans lequel il se trouve placé.

L'influence des ambiances torrides sur l'organisme a également fait l'objet d'expérimentations diverses par de nombreux auteurs, qui ont observé le comportement de l'homme en environnement tropical et désertique. Dans ce travail, nous avons voulu étudier les effets cumulatifs des deux facteurs d'agression : inanition partielle et température de l'environnement. Au cours d'expérimentations qui se sont déroulées dans des ambiances thermiques différentes, nous avons pu observer les aménagements qui résultent de l'application de ces deux facteurs expérimentaux. Les conditions thermo-hygrométriques de l'environnement, de même que les limitations des apports hydriques, ont une grande influence sur l'ampleur des catabolismes et de la deshydratation qui interviennent aprés quelques jours d'inanition partielle.

Afin d'avoir une base de comparaison pour les modifications métaboliques pouvant intervenir dans des ambiances thermiques diverses, la premiére expérimentation se déroule en milieu tempéré par une température moyenne de 16°C. L'épreuve dure six jours pendant lesquels l'apport calorique de la ration est connu, de même que la dépense énergétique occasionnée par une certaine activité. On procéde à une comparaison sur deux groupes de sujets auxquels l'on impose une carence énergétique plus ou moins accusée : -1978 kilogcalories pour les uns, et -2990 kilogcalories pour le deuxiéme groupe. Les apports hydriques ne sont pas limités, mais on note les volumes ingérés. On remarque aprés l'épreuve une diminution de l'urémie et de la glycémie, ainsi qu'une légére élévation du sodium plasmatique corrélative avec une diminution de la kaliémie. La diurése est abaissée et les corps cétoniques sont excrétés dans l'urine, surtout pour le groupe le plus carencé en apports. Le bilan chloruré est déficitaire, de même que les bilans de l'azote et du potassium. L'étude statistique de la corrélation entre ces deux derniers bilans, permet d'énoncer que les excrétions de potassium s'accomplissent en fonction des excrétions azotées ; l'apport protidique déficitaire pro-

voque une dégradation tissulaire entrainant parallélement la fuite du potassium cellulaire. Le bilan entre les ingesta et les excreta de phosphore est également déficitaire. Nous avons recherché la relation qui peut exister entre les excrétions d'azote et de phosphore dans de telles conditions de carences nutritionnelles; nous avons pu mettre en évidence une bonne corrélation positive entre ces deux excrétions. Il semble bien qu'en régime carencé, lorsque l'organisme reçoit des apports déficitaires en azote et en phosphore, il existe un certain parallélisme entre l'excrétion de ces deux corps. La dégradation des protéides qui provoque la fonte tissulaire maigre ainsi qu'une excrétion d'azote d'origine endogéne, entraine d'une façon corrélative le catabolisme des composés phosphorés et l'élimination du phosphore provenant de la dégradation cellulaire.

A l'issue de cette épreuve en climat tempéré, les pourcentages moyens de perte de poids sont respectivement de 3,2 % pour le premier groupe et 5 % pour le deuxiéme. Le catabolisme lipidique est recherché d'abord au moyen d'une technique basée sur la mesure du pli cutané, à partir duquel on calcule le pourcentage de lipides dans l'organisme en partant de la densité du corps. Les résultats obtenus par cette premiére méthode ne sont pas satisfaisants, car les valeurs de lipides dégradés sont trop faibles. Afin de tenter une quantification des réserves de lipides catabolisées aprés une période de régime carencé, il est préférable de rechercher à fractionner la perte de poids globale à partir du déficit azoté. Cette méthode implique la connaissance exacte des ingesta et excreta d'azote pendant la période de dénutrition, où les urines et les selles quotidiennes sont prélevées pour y doser l'azote total. Connaissant les entrées ainsi que les sorties d'azote, on en établit le bilan ; ce dernier est déficitaire car les pertes sont supérieures aux apports. On connait le déficit énergétique pendant la période de régime carencé, ainsi que la valeur du catabolisme protidique par le déficit azoté ; le calcul permet alors d'obtenir les fractions de perte de poids provenant de la fonte tissulaire des réserves lipidiques, du CO_2 métabolique et de la deshydratation. En pourcentage de la perte de poids globale, les valeurs respectives pour le premier et le deuxiéme groupe sont : fonte tissulaire maigre 4 % et 4,4 %, réserves lipidiques dégradés 48,5 % et 53,3 %, deshydratation 21,6 % et 35,9 %. On constate que la différence de catabolisme

des réserves protidiques et lipidiques n'est pas proportionnelle à la disparité des apports. Il est permi de penser que l'organisme en régime carencé acquiert une certaine adaptation en réduisant ses dépenses. Il n'en est pas de même pour la deshydratation qui est d'autant plus sévère que le déficit énergétique est plus important.

Nous avons d'autre part observé pendant cinq jours l'influence du froid (-8°C) et de l'altitude (2000 mètres) sur les perturbations métaboliques occasionnées par un régime dont la carence énergétique quotidienne est 1900 kilogcalories et les apports hydriques non limités. Une hypoglycémie apparait à la fin de l'épreuve, alors que l'ionogramme plasmatique ne subit pas de modifications notables. L'influence de l'altitude est constatée surtout par une augmentation du nombre des hématies. Le volume de la diurése quotidienne est sensiblement diminué, et les corps cétoniques provenant du catabolisme des lipides sont excrétés en abondance. Si les bilans du chlore et du sodium sont équilibrés, les bilans de l'azote et du potassium sont déficitaires. De même que pour l'épreuve en climat tempéré, il semble que les excrétions de potassium suivent celles de l'azote provenant du catabolisme cellulaire. Pour une durée d'épreuve de cinq jours (au lieu de six en région tempérée de plaine),la perte de poids est supérieure ; ce déficit pondéral provient cependant moins des catabolismes protidiques et lipidiques, dont les valeurs respectives sont 3 % et 42 % de la perte de poids, que du secteur hydrique. La valeur de la deshydratation représente 31 % de la perte de poids, alors que cette valeur est 21 % en climat tempéré ; cette différence pourrait s'expliquer en partie par l'augmentation de l'évaporation pulmonaire en altitude.

L'observation des effets de l'inanition partielle sans limitation de boissons est poursuivie en climat chaud (+30°C) et humide (95 % d'hygrométrie). La carence énergétique quotidienne de 1500 kilogcalories est imposée pendant cinq jours à des hommes n'ayant pas le même degré d'acclimatement : sujets parfaitement adaptés, sujets ayant une certaine adaptation préalable et sujets n'ayant aucun pré-acclimatement. L'influence de l'adaptation préalable se manifeste dans les variations pondérales ; les pourcentages de perte, rapportés au poids initial,

sont successivement : 2,6 %, 2,8 % et 3,6 %. L'excrétion de corps cétoniques est plus importante pour le dernier groupe, de même que l'élimination du chlore et du sodium par voies rénales et sudorales. Par contre on constate une augmentation générale des valeurs de l'hématocrite et de l'indice de réfraction du serum, qui traduisent un certain degré de deshydratation. La chlorémie et la natrémie augmentent, alors que le potassium plasmatique diminue. L'ampleur des catabolismes protidiques et lipidiques est sensiblement moins importante chez les Européens non-acclimatés ; cette différence pourrait provenir d'un abaissement du métabolisme de base constaté par de nombreux auteurs sur des sujets venant d'arriver en région tropicale (OZORIO DE ALMEIDA (68)). Par contre il n'en est pas de même pour les valeurs de deshydratation, qui représentent en pourcentage de la perte de poids : 38,4 % pour les sujets adaptés et 55,4 % pour les non-adaptés. La recherche de l'eau de thermolyse fait également apparaitre un sacrifice hydrique plus sévére pour ce dernier groupe. Quoi qu'il en soit, cette eau d'évaporation perdue par voie pulmonaire ainsi que par sudation, est moins importante que la valeur observée en climat chaud et sec.

Dans les épreuves de carence énergétique que nous venons de considérer, les apports d'eau ne sont pas limités ; nous avons voulu voir les effets complémentaires d'une restriction hydrique. On a recherché les modifications apportées aux bilans métaboliques, en rationnant les apports hydriques dans une ambiance chaude de type désertique. Dans un environnement chaud (+43°C) dont l'hygrométrie est trés faible (15 %),une épreuve de trois jours comportant un déficit énergétique total de 2900 kilogcalories et un apport hydrique quotidien limité à 2,400 litres, provoque des modifications notables de l'équilibre biologique,se soldant en fin d'épreuve par un bilan potassium négatif parallélement à un bilan azoté déficitaire. Le déficit pondéral est important, car les sujets perdent 7 % de leur poids initial. L'étude des catabolismes met en évidence la part minime de la fonte tissulaire

maigre et la modicité de la perte de réserves lipidiques; pour une perte de poids global de 5000 grammes, les protides dégradés représentent 3 % de cette valeur et les lipides 5 %. Il n'en est pas de même pour la deshydratation qui représente 90 % du déficit pondéral. Cette eau de deshydratation de l'organisme, ainsi que celle provenant des apports hydriques de la ration, sont perdues en majeure partie par évaporation pour assurer la thermolyse ; l'élimination par voie rénale étant trés réduite dans un tel environnement. On constate que la valeur de l'eau sacrifiée pour la thermorégulation est de trois à quatre fois plus importante en ambiance chaude et désertique, que la valeur observée dans un environnement tropical humide.

CONCLUSION GENERALE

L'inanition partielle instaurée par un régime carencé en apport énergétique pendant une durée de trois à six jours, se solde par un déficit pondéral représentant la somme de divers catabolismes, dont l'ampleur et les aspects différent selon les caractéristiques de l'environnement thermique. De même que de nombreux auteurs ayant étudié les états de carence, nous avons constaté également que l'inanition partielle dans un milieu tempéré, entraine un déficit pondéral qui est fonction du déficit énergétique imposé ; mais les valeurs des catabolismes protidiques et lipidiques ne sont pas proportionnelles à la disparité des apports alimentaires. Nous pensons avec APFELBAUM (7)(8), que cette différence est due à une diminution de la dépense énergétique basale. Nous avons pu mettre en évidence que plus les apports énergétiques sont déficitaires, plus la deshydratation est importante à la fin de l'épreuve . Ceci provient d'une part d'une diminution des ingesta de boissons provoquée par la restriction des apports alimentaires, mais surtout des perturbations hydro-électrolytiques qu'entraine cette carence énergétique ; perturbations qui se soldent finalement par une perte d'électrolytes principaux comme chlore, sodium, potassium, phosphore, corrélative à une deshydratation. Avec une carence énergétique similaire, l'influence du froid et de l'altitude provoque un déficit pondéral plus important, représentant une ampleur de deshydratation plus élevée qu'en ambiance tempérée de plaine. Il est permis de penser que l'élévation de cette perte hydrique est due en partie à l'accroissement de l'évaporation pulmonaire et cutanée en altitude, mise en évidence par les travaux de GRANDPIERRE (30)(32)(33).

Dans les ambiances torrides, la carence énergétique ne semble pas avoir les mêmes effets qu'en environnement tempéré. L'action simultanée des deux facteurs d'agression : inanition partielle et température élevée de l'environnement, fait apparaitre certaines particularités dans la répartition des catabolismes ; ceux-ci différent en outre selon l'hygrométrie de l'ambiance : chaude et séche ou chaude et humide. On constate que la perte de poids est

deux fois plus importante en environnement désertique sec, par rapport à celle observée en ambiance tropicale humide. Aprés quelques jours d'inanition partielle, les catabolismes protidiques représentent en pourcentage de la perte de poids : 5 % pour cette derniére ambiance et 3 % pour le désert ; les réserves de lipides dégradés représentent respectivement 28,6 % et 5 % du déficit pondéral. Le catabolisme lipidique est donc trés faible en ambiance chaude et séche. Mais la principale différence observée concerne les valeurs de deshydratation; celles ci sont plus élevées dans les ambiances torrides (55 % et 89% du déficit pondéral), que dans un environnement tempéré (21 %). On constate toutefois que la deshydratation est nettement plus sévére dans l'environnement chaud et sec, où elle représente prés de 90 % du déficit pondéral. Dans un milieu à température élevée et faible hygrométrie, la deshydratation est le probléme majeur qui prend le pas sur les autres catabolismes, bien que ceux ci lui soient intimement liés.

En définitive, dans les épreuves d'inanition partielle imposées en climat torride, les catabolismes observés sont non seulement liés à la carence alimentaire, mais surtout aux apports hydriques qui conditionnent l'ampleur de la deshydratation ; les modifications hydro-électrolytiques qui en résultent ayant un retentissement sur les bilans du chlore, du sodium et du potassium. Si les perturbations métaboliques provenant de la seule carence des apports énergétiques cessent aprés trois ou quatre jours de régime normal, il n'en est pas de même lorsque les valeurs de deshydratation prennent le pas sur les autres catabolismes ; l'équilibre hydro- électrolytique est plus long à se rétablir, et il conditionne également le retour à des métabolismes normaux.

Puisse ce travail apporter une modeste contribution à l'acquisition des connaissances sur les états de dénutrition partielle dans les ambiances torrides.

REFERENCES

1 _ ABDERHALDEN E. et RONA P.
Z. Physiol. Chem., 1912, 78, 1

2 _ ADOLPH E.
Tolerance of man toward hot atmosphere
Pub. health Rep. 1946 suppl. n° 192, 38p.

3 _ ADOLPH E.
Physiology of man in the desert
1 vol. New York, Intersciences publishers, 1947

4 _ ADVANCES in food research
Vol. I, Academic Press, Inc. New York 1948, 459 p.

5 _ ANNALES de la Nutrition et de l'Alimentation
CNRS éditeur Paris

6 _ APFELBAUM M. et BOTSARRON J.
La gestion des réserves énergétiques
Revue de Lipo-diététique n°9, p.8, édition Terrage

7 _ APFELBAUM M., BOTSARRON J. et BRIGANT L.
La diminution de la consommation"basale"d'oxygéne sous l'effet d'une restriction calorique chez des sujets en bilan azoté équilibré.
Revue franç. Clin. Biol. 1969, 361-372

8 _ APFELBAUM M., BOTSARRON J. et TREMOLIERES J.
Effets du niveau calorique de l'alimentation sur la consommation d'oxygéne mesurée dans les conditions basales chez l'homme et chez le rat. J. de Physiologie, 1970, 62, 113-114

9 _ ATWATER W. O.
In " Biochimie Médicale " par Polonovski, p. 767

10 _ ATWATER W.O., WOODS C.O. et BENEDICT F.
Report of preliminary investigations in the metabolism of N and C in the human organism with a respiration calorimeter of special construction.
Govern. Print. off. 1897, Washington U.S. department Agriculture

11 _ BEHNKE A.R.
Body composition. I _ in vivo estimation of fat and water content from specific gravity (density) estimation.
C.R. symposium of methods for evaluation of nutritional adequacity and status _ Nation. Acad. of Sci. _ Nation. research council. Washington, dec. 1954, p. 294-310

12 _ BENEDICT
in " Lipo-diététique " n°9, p. 14, édition Terrage

13 _ BERGER E.Y.
in " Mineral Metabolism " vol. I partie A, New York 1960 p. 249, Comar et Bronner édit.

14 _ BOOTHBY
in " Lipo-diététique " n° 9, p. 14, édit. Terrage

15 _ BOUSSINGAULT J.B.
Annales de Chimie et de Physique, 1816, 3, 66

16 _ BROZEC J.
Measurement of body department in Nutritional research ; Comment on selected methods.
C.R. Symposium National research council, Washington dec. 1954

17 _ CLEMENT G.
Le tissu adipeux. Rev. de Lipo-diététique, n°4, p.22, Terrage éd.

18 _ DUCROS H., PILLE G. et LEMAIRE R.
Le débit sudoral du sujet adapté au climat désertique.
Bull. et Mém. Ecole de Médecine de Dakar, t 11, 1954

19 _ DUCROS H.
Contribution à l'étude de la deshydratation en climat tropical et désertique
Thése Doct. Pharm. Strasbourg 1956

20 _ DUCROS H.
Les excrétions d'azote et de phosphore dans les régimes carencés de courte durée.
Biologie Médicale, vol.LV, n°3, p. 227-234

21 _ DUCROS H.
Modifications des constantes biologiques et variations pondérales chez des sujets en survie désertique - Aspect biochimique.
C.R. n° 247, Lab. Médico-Physiol. CEV Brétigny, janvier 1961

22 _ DUCROS H.
Influence du climat tropical humide sur des sujets placés en condition de survie.
C.R. N° 613, Lab. Médico-Physiol. CEV Bretigny, Mai 1962

23 _ DUCROS H.
Essais de fractionnement de la perte de poids dans la dénutrition
C.R. N° 925, Lab. Médecnine Aérospatiale Brétigny, nov.1969

24 _ DUCROS H.
Recherche des catabolismes protidiques et lipidiques dans l'inanition partielle de courte durée.
Biologie Médicale N° 1, 1971, 35-55

25 _ DUCROS H.
Influence des conditions thermoclimatiques sur les bilans métaboliques dans l'inanition partielle de courte durée.
Presse Thermale et Climatique N° 3, 1970, 185

26 _ FISCHER E.
Untersuchungen über aminosaüren polypêptide und Proteine
Berlin,I (1906),II (1923)

27 _ FOLIN O.
Amer. Journ. Physiol., 1905, 13 , 117

28 _ GEYELIN
in "Lipo-Diététique" n°9, p.14,Terrage édit.

29 _ GRANDPIERRE R.
Les bases physiologiques de la thermorégulation.(pour servir à l'étude de ses incidences en milieu militaire).
Rev. Serv. Santé Milit.,1939, 110, 583-630

30 _ GRANDPIERRE R., SANTENOISE D. et VIOLETTE F.
Action Biochimique des Climats. in : Traité de Path. Ch.Polonovski
1952, 1 ,chap.4, 346-476, Masson édit. Paris

31 _ GRANDPIERRE R. et Coll.
Eléments de Médecine Aéronautique
1 vol. 1948, Expans. Scient. Franç. édit. Paris

32 _ GRANDPIERRE R.
L'adaptation de l'organisme au climat d'altitude
Arch. Biol. Thermo-Clim. 1, 1956, 37-48

33 _ GRANDPIERRE R.
L'adaptation de l'homme à la montagne
in: La Montagne, Collect. Larousse 1956, ch.5, fasc.9, 267-283

34 _ GRANDPIERRE R. et BIGET P.
Les bases physiologiques de la protection vestimentaire
Revue du Corps de Santé Militaire 1952, 8, (1), 27-39

35 _ GRANDPIERRE R., BUGARD P. et GROGNOT P.
Le conditionnement de l'air en espace clos
Rapp. CERMA/Rech. n°89, 1951

36 _ GRANDPIERRE R., PINGANNAUD P.N. et PITOIS M.
La Nutrition de l'homme dans l'espace
Revue du Praticien 1965 - 15, n° 26, p. 3439

37 _ GRANDPIERRE R. et SANTENOISE D.
Introduction à l'étude physiologique des climats
Arch. Biol. Thermo-Clim. 1956, 1, (2), 191-217

38 _ GRANDPIERRE R., SANTENOISE D., COURNOT, COTLENKO et LENAIRE R.
Considérations sur l'étude physiologique des climats
Maroc Médical, 1953, 32, (342) p.1076

39 _ GIAJA J.
Homéothermie et Thermorégulation
2 vol. 70 et 76 p., Paris 1938, Hermann édit.

40 _ HAMBURGER J. et MATHE G.
Metabolisme de l'eau
1 vol. Paris 1952, Flammarion édit.

41 _ HANDBOOK of Nutrition
Amer. Med. Assoc. édit. Chicago, 1943, 587 p.

42 _ JACQUOT R. et VIGNERON M.
Le Besoin azoté
cahier N° 2 édité par AEC, Société de Chimie organique et biologique, Commentry - Paris

43 _ JANSEN
in " Lipo-Diététique " n° 9, p. 14

44 _ KEYS A.
in " Lipo-diététique " n° 9 p. 14 et p. 10

45 _ KEYS A. et BROZEC J.
Body fat in adult man
Physiolog. rev. 1953, 33, 245-325

46 _ KUTSHER F. et SEEMAN J.
Z. Physiol. Chem., 1902, 34, 528

47 _ LABBE
in " Lipo-diététique " n° 9, p. 14

4 _ LAVOISIER A.L.
Traité élémentaire de Chimie, Paris 1789

49 _ LE BIDEAU G.
La mesure in vivo de la graisse corporelle
publication de la Sté Astra, octobre 1958

50 _ LE BIDEAU G., ANDRIVET R., DUMAS P. et GALLAND J.E.
Mesure de la masse grasse corporelle par la technique du pli cutané
Communicat. journées d'Endocrinologie, Marseille, Mai 1958

51 _ LEFEVRE J.
Chaleur animale et Bioénergétique
1 vol. Paris 1911, Masson édit. et in " Traité de Physiologie " de Roger et Binet, 8, 353-616

5_ _ LEFEVRE J.
Manuel critique de Biologie
1 vol., Masson édit. Paris 1938

5_ _ LEMAIRE R., PILLE G. et DUCROS H.
Influence de la race sur l'adaptation au climat saharien
Bull. de l'I.F.A.N. Dakar, n° 4, 1955

54 _ LEMAIRE R., PILLE G. et DUCROS H.
Influence du climat désertique sur les échanges hydro-électrolytiques
Médecine Aéronautique, n° 3, 1955

55 _ LEMAIRE R. et DUCROS H.
La deshydratation et la survie au désert
Presse Thermale et Climatique, n° 2, 1957

56 _ LEMAIRE R., DUCROS H. et DUPONT M.
Les valeurs pondérales au cours de la deshydratation et de la réhydratation chez le cheval
C.R. Soc. Biol. 1956, n° 12, p. 2224-2227

57 _ LEMAIRE R., PILLE G., ORUE J. et DUCROS H.
Les échanges hydriques au cours des états de deshydratation mixte
J. Physiol. 47, 1955, 218-220

58 _ LEMAIRE R., PILLE G., DUCROS H. et PALANCADE P.
Les variations de la calcémie au cours des états de deshydratation mixte
C.R. Soc. Biol. n° 4, 1956, 684-687

5[illegible] _ LEMAIRE R., PILLE G., DUCROS H. et PALANCADE P.
La répartition hydro-électrolytique extracellulaire dans certains états de deshydratation tropicale.
J. Physiol., 1957, 49, 1081-1089

6 _ LEMAIRE R., PILLE G. et DUCROS H.
Les mouvements hydro-électrolytiques dans les deshydratations mixtes observées dans les pays tropicaux
in : Résumé des communications au XXe Congrès Intern. de Physiologie, Bruxelles 1957

6[illegible] _ LOEWI O.
Arch. Exptl. Path. Pharmakol. 1902, 34, 303

6[illegible] _ MAC CANCE R.A. et WIDDOWSON E.N.
a method of breaking down the body weight of livings persons
Proc. Roy. Doc. (London) 1951, 138, 115

6[illegible] _ MAGENDIE F.
Annales de Chimie et de Physique, 1816, 3, 66

64 _ MAGNUS-LEVY
in " Biochimie Médicale " de Polonovski, Masson édit. Paris

65 _ MITCHELL H.H.
J. Biol. Chem. 1924, 58, 873 et 923

66 _ MULDER G.J.
Uber die Zusammensetetzsung einiger thierishen substanzen
J. Prakt. Chem. 1839, 16, 129

67 _ OSBORNE T.B., MENDEL L.B. et FERRY E.L.
J. Biol. Chem. 1919, 37, 223

68 _ OZORIO DE ALMEIDA A.
Le Métabolisme basal dans les pays tropicaux
J. Path. Physiol. Gen., 1920, 18, 713

69 _ PASCALE R.R., GROSSMAN M.I., SLOANE H.S. et FRANKEL T.
Correlation between thickness of skinfolds and body density in 88 soldiers, body measurement and human nutrition.
Wayne University Press, 1956, p. 55-66

70 _ PEDOYA C., GIRARD P., DUCROS H., PECASTAING B. et LE BIDEAU G.
Alimentation, Climat, et Environnement d'exception
Revue du Praticien, avril 1961, 1183-1199

71 _ PETTENKOFFER M. et VOIT C.
Zeit. f. Biol. 1866, 2, 459

72 _ POLONOVSKI M.
Biochimie Médicale, 1 vol. Masson édit. Paris

73 _ POLONOVSKI M.
Pathologie Chimique, tome 1, p.90, Masson édit. Paris

74 _ RUBNER M.
Physiologie des Nährung und Ernärhung, in " Handbuch der Ernährungstherapie ". 1897, Leipzig, Thieme édit.

75 _ SEGRESTAA J.M.
Peut-on mesurer la masse graisseuse chez l'homme in vivo ?
Rev. de Lipo-diététique, n°11, sept. 1970, Terrage édit.

76 _ SHOHL A.T.
in "Mineral Metabolism" New York 1939, Comar et Brener édit.

77 _ STEVENIN
in"Lipo-diététique" n°9, p. 14

78 _ SUNDERMAN et BOERNER
Normal values in Clinical Medicine, Philadelphie 1950

79 _ TERROINE E.F. et ZUNZ E.
Le Métabolisme de base
1 vol Paris 1924, Presse Universit. édit.

80 _ TERROINE E.F.
Le Métabolisme de l'azote
vol. I, Paris 1933, Presse Univers. édit.

81 _ THOMAS K.
Arch. Anat. Physiol. Abstr. 1909, 219

82 _ TREMOLIERES J.
Les amino-acides dans l'alimentation parentérale
Cahier n°3 édité par l'AEC, Commentry, Paris.

83 _ TREMOLIERES J. et JACQUOT R.
Encycl. Médico-Chirur. 1957, 10.503.C 10, 1,10

84 _ TREMOLIERES J. et VIGNERON M.
Produits Pharmaceutiques, 1956, 11, 709

85 _ TREMOLIERES J. et JACQUOT R.
C.R. Acad. Scien. 1955, 240

86 _ TREMOLIERES J. et PEQUIGNOT G.
Contribution à l'étude du besoin protéique d'agression
par la méthode des bilans.
Ann. Nutr. Alim. 1949, 3, 145-183

87 _ TREMOLIERES J., DERACHE R. et GRIFFATON G.
Ann. Endocrin., 1954, 15, 708

88 _ TREMOLIERES J., DERACHE R. et GRIFFATON G.
Ann. Endocrin. 1955, 16, 362

89 _ TREMOLIERES J., DERACHE R. et LOWY R.
Ann. Nutr. Aliment. 1955, 9, 179

90 _ TREMOLIERES J. et JACQUOT R.
Protéinogénése et bilan azoté
C.R. Acad. Sc. 1955, 240, 235

91 _ TREMOLIERES J.
Métabolisme Calorique
in : Enc. Med. Chirurg., tome Nutrition

92 _ TREMOLIERES J., DERACHE R. et LOWY R.
Effets métaboliques de la cortisone
Pathol. et Biol., 1958, 34, 1729-1759

93 _ TAYEAU F.
Le syndrôme humoral de la fatigue. Le phénoméne d'obstacle de Donaggio.
Exp. ann. Biochim. méd. 1954, 16, 215-252

94 _ TAYEAU F.
Le phénoméne d'obstacle de Donaggio, test de la fatigue.
J. Méd. Bordeaux, 1954, 131, 932

95 _ TAYEAU F.
Le probléme de la fatigue et le test de Donaggio.
Proc. verb. Soc. Sc. phys. et nat., Bordeaux 1956, 102, 29

96 _ VOIT C.
Zeit. Biol. 1866, 2 , 307

97 _ VON LIEBIG J.
Die Thier Chemie oder die organishe chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie
Brauschweig, F. vieweg und sohn, 1846

98 _ ZUNTZ
in : " Biochimie Médicale ", Polonovski p.767,Masson édit. Paris